



**Fábio Alexandre
Santos**

**Modelação de Mobilidade, Eficiência Energética e
Poluição Atmosférica**



**Fábio Alexandre
Santos**

**Modelação de Mobilidade, Eficiência Energética e
Poluição Atmosférica**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor José Manuel Gaspar Martins, Professor Auxiliar da Secção Autónoma de Ciências Sociais, Jurídicas e Políticas da Universidade de Aveiro.

“A sabedoria consiste em compreender que o tempo dedicado ao trabalho nunca é perdido.”

Ralph Emerson

o júri

Presidente

Professora Doutora Ana Isabel Couto Neto da Silva Miranda

Professor Associada do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Professor Doutor José Manuel Gaspar Martins

Professor Auxiliar da Secção Autónoma de Ciências Sociais, Jurídicas e Políticas da Universidade de Aveiro (Orientador)

Professor Doutor Manuel Joaquim Sabença Feliciano

Professor Adjunto do Departamento de Ambiente e Recursos Naturais do Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária (Arguente principal)

agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais, pelo apoio constante e por sempre acreditarem em mim. É principalmente a eles que dedico o final desta etapa tão importante, porque sem eles nada disto seria possível.

Ao Professor José Manuel Martins pela excelente orientação científica desta dissertação, assim como pela disponibilidade e simpatia constantes.

À Professora Oxana Tchedel pela disponibilidade e simpatia demonstrada, sempre que era solicitada.

À Câmara Municipal do Fundão, pelo fornecimento de dados e informações, em particular à Arquitecta Ana Cunha e ao Engenheiro Victor Antunes.

À Rodoviária da Beira Interior, pelo fornecimento de dados, em particular ao Engenheiro Luís Bispo.

À minha prima Susana Pinto, ao meu amigo André Branquinho e à minha namorada Dulce Cunha, que sempre me apoiaram e auxiliaram.

Por fim um agradecimento especial a todos os meus amigos e família que sempre me transmitiram força e coragem para concluir este árduo projecto.

palavras-chave

Energia, transportes, impactes da energia, gases com efeito estufa, dióxido de carbono, modelos de cálculo de emissões, TREM, Fundão, autocarro, transportes públicos.

resumo

Inicialmente foi elaborada uma descrição das tendências mundiais e nacionais em termos de produção e consumo de energia, consequentes impactes do uso da energia e ainda contribuição do sector dos transportes no consumo mundial de energia.

Após uma análise à bibliografia e aos modelos disponíveis, concluiu-se não haver nenhum compatível com os objectivos deste projecto. Analisaram-se vários modelos de cálculo de emissões, tentando perceber os seus princípios fundamentais. Decidiu-se utilizar as equações do relatório *ARTEMIS* para calcular as emissões de poluentes e o consumo de combustível dos veículos pesados de passageiros.

Tendo em vista o cálculo das emissões de poluentes e o consumo de combustível, foram desenvolvidos três modelos de cálculo para veículos pesados de passageiros. Estes modelos permitem calcular as emissões dos seguintes poluentes: monóxido de carbono; dióxido de carbono; óxidos de azoto; material particulada; compostos orgânicos voláteis e ainda o consumo de combustível, recorrendo aos seguintes dados de entrada: Idade de veículo; velocidade média; distância percorrida; percursos efectuados.

Utilizando estes modelos, foram calculadas as emissões de poluentes e o consumo de combustível para a actual frota de veículos responsável pelo transporte público da Câmara Municipal do Fundão, assim como as emissões de poluentes e o consumo de combustível de um cenário alternativo, constituído por veículos mais recentes (EURO 5).

Os resultados obtidos através da aplicação dos modelos mostram que:

- a) Quando se comparam os veículos de classe de emissão *convencionais* com os veículos de classe de emissão mais recentes, os veículos pesados de passageiros apresentam uma redução substancial das emissões dos poluentes CO, NO_x PM e COV;
- b) As emissões de CO₂ e consumo de combustível estão directamente relacionadas e diminuem praticamente na mesma proporção;
- c) Com a substituição da actual frota de transportes públicos, por uma frota constituída por veículos de classe de emissão EURO 5 se conseguiriam reduções anuais de: 94,92% das emissões de CO; 76,34% das emissões de NO_x; 93,17% das emissões de PM; 98,04% das emissões de COV;
- d) A aplicação do cenário alternativo permitiria uma poupança anual de 14 mil euros em combustível e 29,5 toneladas de CO₂.

Para além das conclusões retiradas através dos resultados do modelo, concluiu-se ainda que as informações relativas aos transportes públicos estão dispersas por várias instituições, pelo que será conveniente, nomeadamente, entrar em contacto directo com empresas transportadoras e realizar inquéritos às populações.

Os modelos desenvolvidos permitem obter os resultados desejados e têm o potencial para utilização futura em outros estudos nestes domínios.

keywords

Energy, transport, impacts of energy, greenhouse gases, carbon dioxide, emission calculation models, TREM, Fundão, bus, public transport.

abstract

Initially a description of global and national trends was elaborated in terms of production and consumption of energy, the resulting impacts of its use and also the contribution of the transport sector in the global energy consumption.

A first survey on the literature and available models showed no compatibility with the goals of the present project. After reviewing several models for calculating emissions, in an attempt to understand their basic principles, we decided to use the equations of the *ARTEMIS* report to calculate pollutant emissions and fuel consumption of heavy passenger cars.

In order to calculate pollutant emission and fuel consumption, we developed three models to calculate heavy passenger cars emissions. These models calculate the emissions of the following pollutants: carbon monoxide; carbon dioxide; nitrogen oxides; particulate material; volatile organic compounds and also fuel consumption, using the following input data: age of vehicle; average speed; distance traveled; journeys made.

Using these models, pollutant emissions and fuel consumption were calculated for the current fleet of vehicles responsible for public transport in Fundão municipality, as well as estimates of pollutant emissions and fuel consumption of an alternative scenario, using modern vehicles (EURO 5).

The results obtained through application of the models show that:

- a) When comparing emissions of *conventional* class vehicles with modern vehicles, the heavy passenger cars have a substantial reduction in emissions of the pollutants CO, NO_x, PM and VOC;
- b) CO₂ emissions and fuel consumption are directly related and decrease in about the same proportion;
- c) With the replacement of the existing public transport fleet for a fleet consisting of vehicles of emission class EURO 5, annual reductions could be achieved: 94.92% of CO emissions; 76.34% of NO_x emissions; 93.17% of PM emissions; 98.04% of VOC emissions;
- d) The application of the alternative scenario would result in annual savings of EUR 14000 in fuel and 29.5 tonnes of CO₂.

In addition to the conclusions drawn from the model results, we concluded that the information relative to public transport is scattered by various institutions; researchers should get in direct contact with carriers and make surveys directed to the population.

The developed models reached the defined goals and have the potential to be used in the future for other related research.

Índice

Índice	i
Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas	ix
Lista de abreviaturas	xi
Nomenclatura	xiii
1 Introdução	1
1.1 Motivação, Âmbito e Objectivos	2
1.1.1 Motivação	2
1.1.2 Âmbito	2
1.1.3 Objectivos	3
2 Energia	5
2.1 Energia no mundo	6
2.1.1 Fornecimento mundial de energia primária	6
2.1.1.1 Estrutura de produção de energia primária em Portugal	9
2.1.2 Consumo mundial de energia primária	10
2.1.2.1 Estrutura de consumo de energia em Portugal	13
2.1.3 Consumo de energia por sector	14
2.1.3.1 Consumo de energia por sector, em Portugal	17
3 Impactes da energia	21
3.1 A problemática das emissões de CO ₂	22
3.1.1 Nos últimos anos	23
3.1.2 Cenários previstos e opções energéticas	24
3.1.3 Emissões de CO ₂ por sector	26
3.1.3.1 Sector dos Transportes	29
3.2 Emissões nos transportes	30
3.2.1 Matéria Particulada	31
3.2.2 Óxidos de Azoto	32
3.2.3 Compostos Orgânicos Voláteis	33
3.2.4 Monóxido de Carbono	33
3.2.5 Dióxido de Carbono	34
4 Transportes em Portugal	35
4.1 Transporte Rodoviário	36
4.1.1 Rede Rodoviária	36
4.1.2 Evolução do parque automóvel	38
5 Legislação relativa aos transportes e Documentos institucionais de referência	43
5.1 Enquadramento Legislativo	43
5.2 Documentos de referência	45
5.2.1 Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT)	45

5.2.2	Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável 2015	45
5.2.3	Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) 2007-2013	46
5.2.4	Programa Operacional Valorização do Território (POVT) 2007-2013.....	47
5.2.5	Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC 2006).....	47
5.2.6	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE)	48
6	Modelos para estimar as emissões do tráfego rodoviário	51
6.1	Tipos de emissões	52
6.1.1	Emissões a frio	53
6.1.2	Emissões a quente	53
6.1.3	Emissões por evaporação	55
6.1.4	Material particulado não proveniente das emissões de escape.....	56
6.2	Classificação dos modelos.....	56
6.3	Exemplos de modelos de emissão	57
6.3.1	COPERT	58
6.3.2	Handbook Emission Factors for Road Transport	60
6.3.3	MOBILE	61
6.3.4	TREM.....	62
6.3.4.1	Classificação dos veículos	63
7	Metodologias de cálculo de emissões	69
7.1	Equações para cálculo de emissões e consumo de combustível	70
7.2	Folha de cálculo em Excel	73
7.2.1	Esquema de utilização da folha de cálculo	73
7.3	Modelo em Fortran.....	77
7.3.1	Modelo em Fortran “RODOEMIT 1.0”	77
7.3.2	Modelo em Fortran “RODOEMIT 2.0”	78
8	Caso de estudo.....	81
8.1	Motivação do caso de estudo	81
8.2	Enquadramento no programa estratégico RUCI-SIM	82
8.3	Enquadramento Territorial	84
8.3.1	Localização	84
8.4	Dinâmica e estrutura demográfica	86
8.4.1	Dinâmica demográfica	86
8.4.2	Estrutura demográfica	89
8.5	Emprego e actividades económicas	91
8.5.1	Emprego	91
8.5.2	Actividades económicas	94
8.6	Fluxos de população	94
8.6.1	Transportes e deslocações.....	94
8.6.2	Movimentos pendulares.....	99
8.6.2.1	Modos de transporte nos movimentos pendulares	99

8.6.2.2	Duração média dos movimentos pendulares	105
8.7	Dados provenientes do Fundão	109
8.7.1	Empresas prestadoras de serviços	110
8.7.1.1	Características da frota da RBI	110
8.7.2	Transporte escolar	115
9	Resultados	117
9.1	Testes desempenho das ferramentas de cálculo	117
9.1.1	Testes de variação das emissões com o ano de fabrico	118
9.1.2	Testes de variação das emissões com a velocidade	124
9.1.3	Cálculo das emissões do caso de estudo	128
9.1.4	Cenários alternativos e respectivas emissões	135
9.1.4.1	Renovação da frota de veículos	135
9.1.4.2	Valorização dos recursos existentes – alternativas a estudar	143
10	Conclusões	145
	Referências bibliográficas	153
	Anexos	i
A.	Datas de Aplicação das normas de emissão	i
B.1	Classificações dos veículos ligeiros de passageiros	ii
B.2	Classificação dos veículos ligeiros de mercadorias	iii
B.3	Classificação dos veículos pesados de mercadorias	iii
B.4	Classificação dos autocarros urbanos e autocarros extra-urbanos	iv
B.5	Classificação dos motociclos	iv
B.6	Classificação dos veículos com novas tecnologias	iv
C.	Frota da RBI, afecta ao município do Fundão	v
D.	Veículos de IPSS	vi

Índice de Figuras

Figura 1 - Evolução da oferta mundial de energia primária por região, de 1971 a 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]	7
Figura 2 - Fornecimento mundial de energia primária, por região, nos anos de 1973 e 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]	7
Figura 3 - Fornecimento de energia primária na OCDE, por região da OCDE, em 2009 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]	8
Figura 4 - Fornecimento de energia primária na OCDE, por tipo de combustível, em 2009 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]	9
Figura 5 - Estrutura de produção de energia primária em Portugal, do ano de 1971 a 2007 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009c)]	10
Figura 6 - Evolução do consumo mundial de energia por região, de 1971 a 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]	11
Figura 7 - Consumo mundial de energia, por região, nos anos de 1973 e 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]	12
Figura 8 - Consumo de energia na OCDE, por tipo de combustível, em 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]	13
Figura 9 - Estrutura de consumo de energia primária em Portugal, do ano de 1971 a 2007 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009c)]	14
Figura 10 - Evolução sectorial do consumo de energia na OCDE, de 1971 a 2007 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009d)]	16
Figura 11 - Consumo de energia por sector e tipo de combustível na OCDE, em 1973 e 2007 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009a)]	17
Figura 12 - Evolução sectorial do consumo de energia em Portugal, de 1971 a 2007 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009e)]	18
Figura 13 - Consumo de energia por sector e tipo de combustível em Portugal, em 1973 e 2007 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009b)]	20
Figura 14 - Prospecção das emissões dos cenários, Base e Blue, até 2050 e tecnologias chave para a redução das emissões de CO ₂ . [Fonte: (IEA, 2010a)]	25
Figura 15 - Emissões globais de CO ₂ , segundo os Cenários Base e Blue para os anos de 2030 e 2050. [Fonte: (IEA, 2010a)]	28
Figura 16 - Extensão da Rede Rodoviária Nacional, 2004 a 2008 [Fonte: (INE, 2009)]	37
Figura 17 - Indicadores de Extensão da rede rodoviária nacional, em 2008 [Fonte: (INE, 2009)].	38
Figura 18 - Evolução do parque automóvel em circulação em Portugal desde 1970 até 2006 [Fonte: Adaptado de (INE, 2009)]	40
Figura 19 - Evolução da venda de veículos ligeiros em Portugal, de 1981 a 2006 [Fonte: Adaptado de (INE, 2009)]	40
Figura 20 - Evolução da venda de veículos pesados em Portugal, de 1981 a 2006 [Fonte: Adaptado de (INE, 2009)]	41

Figura 21 - Evolução das emissões de CO, COVNM, NO _x e CO ₂ [Fonte: (APA, 2008)]	42
Figura 22 - Abas para escolha do tipo de veículo	74
Figura 23 - Dados de entrada da folha de cálculo	74
Figura 24 - Resultados das emissões para as diferentes categorias de emissão	75
Figura 25 - Emissões referentes ao veículo em análise	75
Figura 26 - Dados de entrada para o cálculo das emissões anuais	76
Figura 27 - Resultados referentes às emissões diárias, semanais e anuais	76
Figura 28 - Janela do modelo RODOEMIT 1.0	78
Figura 29 - Janela do modelo RODOEMIT 2.0	79
Figura 30 - Documento de texto referente aos dados de entrada	80
Figura 31 - Documento de texto referente aos dados de saída	80
Figura 32 - Enquadramento territorial do concelho do Fundão	85
Figura 33 - Enquadramento territorial das freguesias do concelho do Fundão	86
Figura 34 - Evolução da população residente no concelho do Fundão (1991-2008). (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	87
Figura 35 - População residente no concelho de Fundão, por freguesia à data dos censos 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	89
Figura 36 - Evolução da população residente em Portugal por grupos etários (1991, 2000, 2008). (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	90
Figura 37 - Evolução da população residente no Fundão por grupos etários (1991, 2000, 2008). (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	90
Figura 38 - Estrutura do emprego por sector de actividade económica no concelho do Fundão (%) à data dos Censos 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	92
Figura 39 - População empregada por Actividade económica à data dos Censos 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	93
Figura 40 - Empresas por escalão de pessoal ao serviço para os anos de 2006 e 2007. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	94
Figura 41 - Proporção de utilização do automóvel nas deslocações (%) por local de residência nos anos de 1991 e 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	95
Figura 42 - Proporção de utilização do automóvel nas deslocações (%) por Freguesia do concelho do Fundão nos anos de 1991 e 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	97
Figura 43 - Meio de transporte utilizado nos movimentos pendulares por percentagem de utilizadores. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	102
Figura 44 - Duração média dos movimentos pendulares (min) por local de residência, em 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	105
Figura 45 - Duração média dos movimentos pendulares (min) por freguesia do Fundão, em 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	106
Figura 46 - Emissão de CO por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos	119
Figura 47 - Emissão de NO _x por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos	120

Figura 48 - Emissão de PM por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos.....	121
Figura 49 - Emissão de COV por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos.	122
Figura 50 - Emissão de CO ₂ por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos.	123
Figura 51 – Combustível consumido por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos..	124
Figura 52 - Emissão de CO com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.	126
Figura 53 - Emissão de NO _x com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.	126
Figura 54 - Emissão de PM com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.	127
Figura 55 - Emissão de COV com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.	127
Figura 56 - Emissão de CO ₂ com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.	128
Figura 57 - Combustível consumido com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.	128

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Evolução da População residente (nº) e da taxa de crescimento efectivo (%) para Portugal, Região Centro e Fundão (1991-2008). (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	88
Tabela 2 - Evolução da população residente no Fundão por grupos etários (2008, 2000, 1991). (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	91
Tabela 3 - Estrutura do emprego por sector de actividade económica (%) à data dos Censos 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	92
Tabela 4 - Aumento da proporção de utilização de automóvel nas deslocações (%) de 1991 para 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	98
Tabela 5 - Meio de transporte utilizado nos movimentos pendulares nas várias freguesias do Fundão, por percentagem de utilizadores. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	104
Tabela 6 - Duração dos movimentos pendulares (min) por freguesia do Fundão, à data dos Censos 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)	108
Tabela 7 - Características do percurso Alcafozes - Fundão	111
Tabela 8 - Características do percurso Bogas do Meio - Fundão	111
Tabela 9 - Características do percurso Castelo Branco - Covilhã	112
Tabela 10 - Características do percurso Escarigo - Fundão (Estação)	112
Tabela 11 - Características do percurso Freixial - Fundão (Estação)	112
Tabela 12 - Características do percurso Fundão - Soalheira	113
Tabela 13 - Características do percurso Fundão (Estação) - Mata da Rainha	114
Tabela 14 - Características do percurso Fundão (Estação) - Orvalho	114
Tabela 15 - Características do percurso Fundão (Estação) - Penamacor.....	115
Tabela 16 - Previsão de transportes a efectuar pelas transportadoras que efectuem carreiras públicas [Fonte: Adaptado de (CMF, 2010)]	116
Tabela 17 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Alcafozes - Fundão.....	130
Tabela 18 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Bogas do Meio - Fundão	130
Tabela 19 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Castelo Branco (Estação) - Fundão	131
Tabela 20 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Escarigo - Fundão (Estação)	131
Tabela 21 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Freixial - Fundão (Estação)	132
Tabela 22 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Fundão - Soalheira	132
Tabela 23 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Fundão (Estação) - Mata da Rainha	133
Tabela 24 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Fundão (Estação) - Orvalho	133
Tabela 25 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Fundão (Estação) - Penamacor ...	134
Tabela 26 - Tabela resumo das emissões anuais de poluentes e consumo de combustível referente à actual frota a prestar serviços a CMF	135

Tabela 27 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Alcafozes - Fundão.....	136
Tabela 28 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Bogas do Meio - Fundão	137
Tabela 29 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Castelo Branco (Estação) - Covilhã.....	137
Tabela 30 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Escarigo – Fundão (Estação)	138
Tabela 31 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Freixial – Fundão (Estação)	138
Tabela 32 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Fundão - Soalheira.....	139
Tabela 33 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Fundão (Estação) – Mata da Rainha.....	139
Tabela 34 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Fundão (Estação) - Orvalho	140
Tabela 35 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Fundão (Estação) - Penamacor.....	140
Tabela 36 - Tabela resumo das emissões anuais de poluentes e consumo de combustível referente à frota, do cenário alternativo	142

Lista de abreviaturas

GEE	- Gases com efeito estufa
OCDE	- Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económico
GPL	- Gás de petróleo liquefeito
PIAC	- Painel Internacional sobre Alterações Climáticas
COP	- Conferência das Partes
ETP 2010	- Energy Technology Perspectives 2010
CAC	- Captação e Armazenamento de Carbono
EU 27	- União Europeia a 27
COVNM	- Compostos Orgânicos Voláteis não Metânicos
POPs	- Poluentes Orgânicos Persistentes
CMF	- Câmara Municipal do Fundão
OMS	- Organização Mundial de Saúde;
RTE-T	- Rede Transeuropeia de Transportes;
ACAP	- Associação do Comércio Automóvel de Portugal;
PNPOT	- Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território;
ENDS	- Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável;
PIENDS	- Plano de Implementação da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável;
QREN	- Quadro de Referência Estratégico Nacional;
POVT	- Programa Operacional Valorização do Território;
PNAC	- Programa Nacional para as Alterações Climáticas;
STCP	- Sociedade de Transportes Colectivos do Porto;
PNAEE	- Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética;
TREM	- Transport Emission Model for Line Sources;
AEA	- Agência Europeia do Ambiente;
HBEFA	- Handbook Emission Factors for Road Transport;
PHEM	- Passenger car and Heavy-duty vehicle Emission Model;
INE	- Instituto Nacional de Estatística;
RUCI-SIM	- Redes Urbanas para a Competitividade e Inovação- Sistema Integrado de Mobilidade;
RERUCI	- Regulamento Especifico Política de Cidades – Redes Urbanas para a Competitividade e Inovação;
RUCI	- Redes Urbanas para Competitividade e Inovação;
SIM	- Sistema Integrado de Mobilidade;
IMTT	- Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres;
MOPTH	- Ministério das Obras Públicas, transportes e Habitação;

Nomenclatura

NO _x	- Óxidos de Azoto;
CO	- Monóxido de Carbono;
CH ₄	- Metano;
COV	- Compostos Orgânicos Voláteis;
N ₂ O	- Óxido Nitroso;
PM	- Material Particulado;
SO ₂	- Dióxido de Enxofre;
NH ₃	- Amónia;
CO ₂	- Dióxido de Carbono;
°C	- Grau Celsius;
PAHs	- Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos;
Mtep	- Milhões de toneladas equivalentes de petróleo;
µm	- Micrómetro;
PM ₁₀	- Partículas menores que 10 µm de diâmetro;
PM _{2,5}	- Partículas menores que 2,5 µm de diâmetro;
NO ₂	- Dióxido de azoto;
NO	- Monóxido de azoto;
kt	- Quilotonelada;
Pb	- Chumbo;

1 INTRODUÇÃO

A crescente procura de energia por parte dos diversos sectores da economia implica um aumento na transformação das fontes de energia primária em diferentes tipos de energia (BP, 2010). Associado a este aumento do consumo de energia verificam-se aumentos significativos das emissões de poluentes para a atmosfera, em particular de gases com efeito estufa (GEE).

Com o evoluir da sociedade têm surgido cada vez maiores necessidades de mobilidade, do ponto de vista do acesso ao emprego, às actividades comerciais/ culturais/ de lazer, aos serviços públicos e demais oportunidades de desenvolvimento. O sector dos transportes representa, actualmente, no espaço europeu, a maior percentagem de consumo de energia final, sendo os transportes terrestres o maior responsável, uma vez que o seu consumo de energia representa cerca de 82,2% de toda a energia consumida pelo sector (PERFORM, 2009). Em Portugal, o sector dos transportes tem vindo a aumentar de importância, representando actualmente cerca de 4% do PIB e dando emprego a cerca de 150,3 mil pessoas, o que representa cerca de 3% da população activa empregada (PERFORM, 2009). Contudo, este sector é responsável por um conjunto de problemas ambientais tais como as alterações climáticas, a acidificação do solo, a degradação da qualidade do ar, ruído, apropriação de terras, segmentação de habitats, entre outros.

Em Portugal, os transportes rodoviários são uma das principais fontes de poluentes atmosféricos, a seguir à produção de electricidade, e é um sector que regista uma das maiores tendências de crescimento (TORRES, 2005). A par desta crescente necessidade de mobilidade crescem também as necessidades de energia, sendo neste contexto que surge a eficiência energética associada à mobilidade, na qual se pressupõe a implementação de estratégias e medidas para combater o desperdício de energia e consequentemente diminuir a emissão de poluentes atmosféricos.

Com a presente dissertação pretende-se desenvolver um modelo de cálculo das emissões de poluentes e do consumo de combustível para veículos pesados de passageiros. Estes modelos permitem calcular as emissões dos poluentes, monóxido de carbono (CO); óxidos de azoto (NO_x); material particulado (PM); compostos orgânicos voláteis (COV); dióxido de carbono (CO₂), e ainda o consumo de combustível, utilizando os dados de entrada: idade do veículo; velocidade média; distância percorrida; percursos efectuados.

Através da utilização do modelo será possível calcular as emissões de poluentes e o consumo de combustível de frotas de veículos pesados de passageiros, actuais, e calcular as emissões de poluentes e o consumo de combustível para os mesmos percursos, mas recorrendo a veículos mais recentes. Através da comparação destes resultados poderá retirar-se conclusões sobre as vantagens financeiras e ambientais de trocar os veículos mais antigos por veículos mais recentes.

1.1 MOTIVAÇÃO, ÂMBITO E OBJECTIVOS

De seguida serão apresentados, a motivação que originou o desenvolvimento da presente dissertação, o âmbito no qual a mesma se enquadra e ainda os objectivos a que esta se propõe.

1.1.1 MOTIVAÇÃO

A mobilidade é um assunto que tem ganho principal ênfase nos últimos anos. Com a crescente utilização dos transportes, quer sejam públicos ou privados, o certo é que se torna impensável para a maioria da população efectuar as suas deslocações diárias sem recorrer a um meio de transporte. Em consequência do grande fluxo de meios de transporte em circulação, com principal ênfase no transporte privado de passageiros, automóvel privado, o consumo mundial de energia tem aumentado substancialmente. Este elevado consumo de energia tem vindo a exercer pressões ambientais cada vez mais preocupantes, neste sentido torna-se essencial desenvolver métodos de optimização da utilização da energia, neste caso direccionados para os transportes.

Uma vez que os transportes são essenciais e seria impensável reduzir a sua utilização, a forma de reduzir os impactes que este sector exerce sobre o ambiente, passa pela implementação de medidas tecnológicas inovadoras que diminuam as emissões provenientes dos transportes e a mudança de mentalidades de forma a dar preferencial do transporte público de passageiros em detrimento do transporte privado.

1.1.2 ÂMBITO

Quando se fala em mobilidade é usual a primeira imagem que surge ser associada ao trânsito dos grandes centros urbanos. Contudo, a mobilidade nas zonas interiores do país torna-se um problema bastante complexo, não pelo enorme fluxo de veículos como

acontece nos centros urbanos, mas pela escassez de transportes, que dificulta a deslocação de pessoas e bens, reduzindo assim a qualidade de vida das populações afectas e a competitividade da região.

Esta problemática da mobilidade nas regiões interiores, enquadra-se no âmbito da presente dissertação, com a qual se pretende analisar um município do interior, neste caso o município do Fundão, e desenvolver alternativas de transporte, que sejam consistentes, que optimizem ao máximo os transportes na região e que ao mesmo tempo consigam uma redução considerável nas emissões de poluentes.

1.1.3 OBJECTIVOS

Os objectivos da presente dissertação passam por conhecer as principais *necessidades de mobilidade* evidenciadas pelo município do Fundão, bem como os veículos que fazem parte da rede de transportes públicos do município e se encontram actualmente em funcionamento.

Desenvolver um *modelo* que seja capaz de calcular as emissões de poluentes e o consumo de combustível, para veículos pesados de passageiros. Recorrendo a este modelo deverá ser efectuado o cálculo das emissões de poluentes e o consumo de combustível da actual frota de veículos, a prestar serviços à Câmara Municipal do Fundão (CMF).

Recorrendo aos dados relativos a actual frota de transportes públicos do município, pretende-se comparar os resultados referentes ao consumo de combustível e as emissões de poluentes da actual frota de veículos, com os resultados obtidos para uma frota mais recente. Com esta comparação pretende-se avaliar a poupança de combustível e a diminuição de emissões de poluentes, caso fosse possível renovar a frota.

2 ENERGIA

A energia é fundamental para o bom funcionamento de qualquer economia, sendo um input essencial em praticamente todos os processos produtivos. Apresenta também uma importância significativa no consumo final das famílias. De facto, a energia proporciona conforto pessoal, mobilidade e é um elemento fundamental para a produção da maior parte da riqueza social, industrial e comercial.

A crescente procura e oferta de energia implica um aumento na transformação de fontes de energia primária em diferentes tipos de energia, que posteriormente são utilizados como inputs em diversos sectores da economia ou para consumo final das famílias. A extracção de fontes de energia primária e a sua utilização em diferentes tipos de energia constitui em si mesma, uma actividade económica, sector da energia, contribuindo dessa forma para o valor acrescentado bruto e para o aumento do emprego (BP, 2010). Várias fontes de energia primária podem ser utilizadas para produzir energia para os diversos sectores económicos e consumidores finais, por exemplo, a energia hídrica pode ser utilizada para produzir energia eléctrica, utilizada pela indústria ou pelo consumidor final, enquanto o petróleo em bruto pode ser transformado em combustíveis líquidos para o transporte marítimo, rodoviário e aéreo. Resumindo, são várias as fontes de energia primária e são numerosas e variadas as utilizações das mesmas.

Os sectores económicos ligados à produção de energia são tipicamente associados à indústria de rede, uma vez que os investimentos exigidos na extracção, transformação e distribuição de energia, são significativamente elevados, o que faz com que estes mercados energéticos sejam dominados por um pequeno número de empresas que interagem com uma curva de procura de energia rígida (BP, 2010).

A oferta de energia primária e secundária é função das disponibilidades de energia mas também pela volatilidade do seu preço. Adicionalmente, a sua estrutura de produção depende ainda do custo de cada tecnologia de produção (BP, 2010). Os custos totais da energia têm um peso significativo na produção, por parte das empresas, e na despesa total das famílias, pelo que variações nos preços da energia, são importantes condicionantes das flutuações económicas. Naturalmente, estas variações nos preços da energia, têm um maior efeito nas contas externas dos países com maior dependência energética, afectando potencialmente os custos dos produtos, bem como a competitividade externa e nos termos de troca (BP, 2010).

Uma elevada dependência energética expõe os países a potenciais cortes no abastecimento de energia, devido a instabilidades políticas ou militares, com fortes efeitos perturbadores sobre as actividades económicas. Estas situações podem ser minimizadas recorrendo-se a alguma diversificação dos fornecedores externos de energia.

2.1 ENERGIA NO MUNDO

2.1.1 FORNECIMENTO MUNDIAL DE ENERGIA PRIMÁRIA

A produção de energia primária é a primeira etapa na actividade de produção de energia. A estrutura de produção de energia primária é muito heterogénea entre os diferentes países e altera-se muito lentamente ao longo de décadas, dependendo sobretudo das reservas de recursos naturais e do investimento em infra-estruturas de produção (BP, 2010).

O fornecimento mundial de energia primária tem vindo a aumentar acentuadamente nas últimas décadas, sendo este crescimento justificado pelos aumentos significativos no consumo de energia. A figura 1 apresenta a evolução do fornecimento mundial de energia primária, onde se verifica que desde 1971 até 2008, o fornecimento de energia primária duplicou, passando de um valor inferior a 6 Mtep no ano de 1971, para valores de 12267 Mtep no ano de 2008. Verifica-se ainda que a OCDE foi sempre o principal fornecedor de energia primária, se bem que nas últimas décadas tem abrandado o seu crescimento, enquanto a China e a Ásia têm acentuado o seu crescimento.

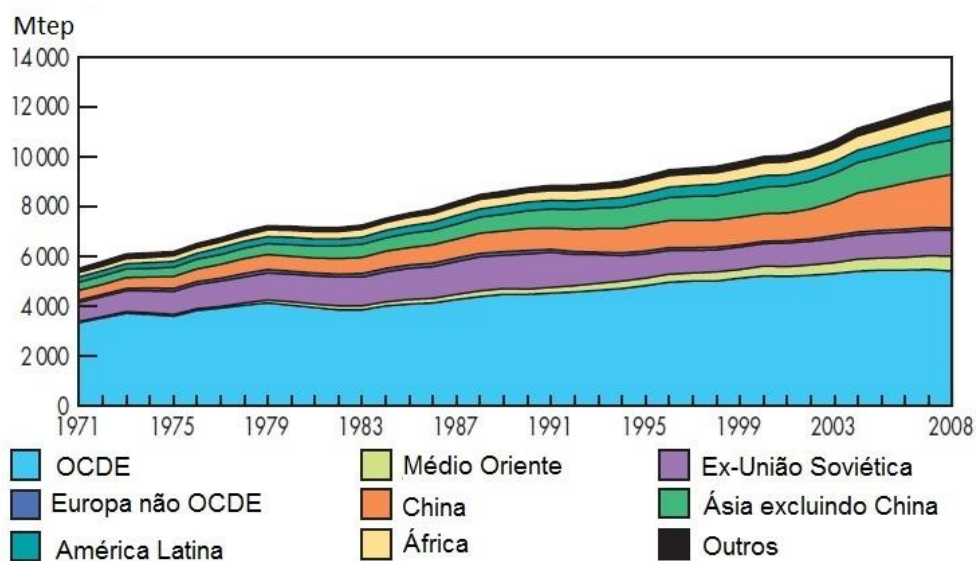


Figura 1 - Evolução da oferta mundial de energia primária por região, de 1971 a 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]

Recorrendo-se à figura 2, referente aos principais fornecedores de energia nos anos de 1973 e 2008, tem-se uma perspectiva mais pormenorizada das alterações no fornecimento de energia primária nas últimas décadas. No ano de 1973 a OCDE era o principal fornecedor mundial de energia primária, sendo responsável por 61% desse fornecimento, seguido pela Ex-União Soviética com 13,9%, a China com 7% e a Ásia com 5,6%, para além de outros fornecedores menos significativos. Já no ano de 2008 a OCDE continua a ser o principal fornecedor mundial de energia primária, embora com apenas 44,2% do fornecimento, seguido pela China, que apresentou um aumento significativo, com 17,4%, a Ásia com 11,5%, a Ex-União Soviética com apenas 8,5% e ainda outros fornecedores menos significativos.

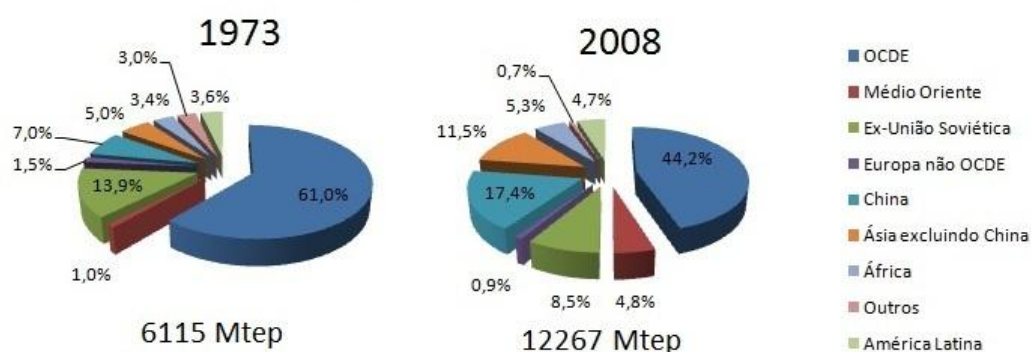


Figura 2 - Fornecimento mundial de energia primária, por região, nos anos de 1973 e 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]

Actualmente, a forte representação da OCDE, como principal fornecedor de energia, deve-se sobretudo aos países da OCDE pertencentes a América do Norte, que são responsáveis por 50,3% do fornecimento de energia primária da OCDE, seguido pelos países da Europa pertencentes a OCDE com 32,2% do fornecimento e finalmente os países do Pacífico pertencentes à OCDE, com 16,5%. Esta grande representação dos países da América do Norte, está relacionada com o facto destes serem os maiores fornecedores de petróleo a nível mundial.

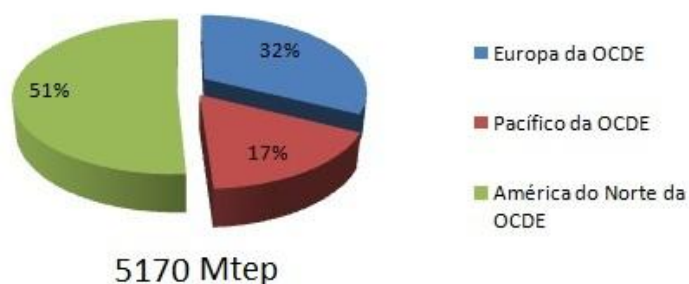


Figura 3 - Fornecimento de energia primária na OCDE, por região da OCDE, em 2009 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]

A representação de 44,2% no fornecimento mundial de energia primária por parte da OCDE, em 2009, é resultado do fornecimento de um vasto conjunto de combustíveis. Na figura 4, que representa o funcionamento mundial de energia primária, por combustível, verifica-se que o petróleo continua a ser o combustível dominante na OCDE, com uma representação de 37,2%, seguido do Gás com 24,2% e do Carvão com 19,7%. Assim sendo, os combustíveis de origem fóssil representam, actualmente, 81,1% do fornecimento de energia primária na OCDE. Este valor tão elevado de dependência dos combustíveis de origem fóssil pode comprometer consideravelmente os objectivos da OCDE em termos de redução de GEE (IEA, 2010a).

Para além dos combustíveis de origem fóssil, fazem ainda parte do fornecimento de energia primária da OCDE, a energia nuclear com uma representação de 11,3%, sendo este valor resultado do forte crescimento verificado nas últimas décadas, os combustíveis renováveis e resíduos com 4,4%, a energia hídrica com 2,1% e por fim as energias geotérmica, solar, eólica e biomassa com uma representação conjunta de apenas 1,1%. A energia nuclear após uma fase de decréscimo, em que muitas centrais foram desactivadas, encontra-se agora uma fase de renascimento, e é apontado por muitos estudos como uma boa solução alternativa aos combustíveis fósseis convencionais (IEA, 2010a).

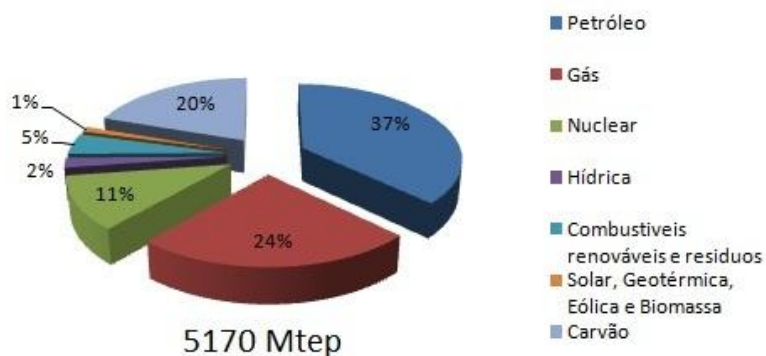


Figura 4 - Fornecimento de energia primária na OCDE, por tipo de combustível, em 2009
 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]

2.1.1.1 ESTRUTURA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA PRIMÁRIA EM PORTUGAL

Em relação à estrutura de produção de energia primária em Portugal, verifica-se que este é um país muito dependente em termos energéticos, tanto que a produção nacional de energia primária, em 2007, é próxima dos 4,5 Mtep e o consumo atinge praticamente os 25 Mtep de energia, no mesmo ano. Assim sendo, Portugal apresenta uma dependência energética de aproximadamente 20 Mtep, no ano de 2007.

Através da figura 5, que representa a estrutura de produção de energia primária em Portugal, desde 1971 até 2007, verifica-se que a produção de energia primária em Portugal assenta inteiramente em energias renováveis. Esta estrutura de produção até poderia ser a mais adequada, se a produção de energia primária representasse valores próximos do consumo do país, o que não acontece.

Os combustíveis renováveis e resíduos representam a maior parcela da produção de energia primária em Portugal, com uma cota de cerca de 70%, a segunda maior fonte é baseada em centrais hidroeléctricas, e representa uma cota de aproximadamente 20%, por fim a última fonte de energia primária em Portugal é representada pela energia geotérmica, solar e eólica, que conjuntamente representam cerca de 10% (IEA, 2009c). Este forte crescimento demonstrado nos últimos anos, por este conjunto de energias, é justificado pela forte aposta na energia eólica.

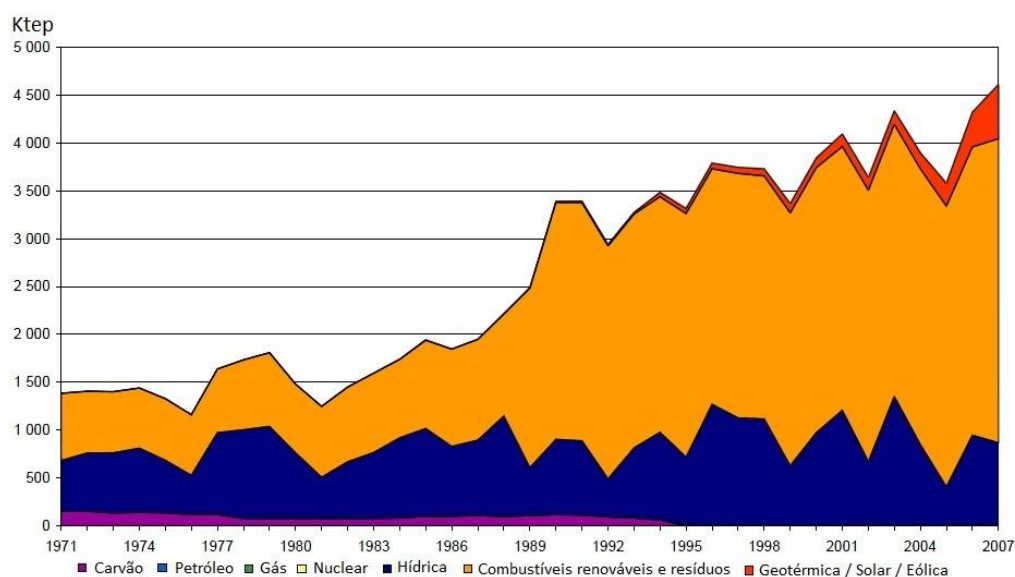


Figura 5 - Estrutura de produção de energia primária em Portugal, do ano de 1971 a 2007
[Fonte: Adaptado de (IEA, 2009c)]

2.1.2 CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA PRIMÁRIA

Tal como acontece com o fornecimento mundial de energia primária, também o consumo mundial de energia é dominado pelos países da OCDE. Como se pode verificar na figura 6, metade do consumo mundial de energia, no ano de 1971, era já da responsabilidade da OCDE, com valores próximos dos 2500 Mtep, seguido pela Ex-União Soviética com um consumo de aproximadamente 500 Mtep, a China e a Ásia excluindo a China ambas com valores próximos dos 300 Mtep e finalmente os restantes com consumos inferiores a 200 Mtep. É ainda de referir que em 1973, os países da Europa não OCDE apresentavam um consumo energético muito baixo, de aproximadamente 70 Mtep e o O Médio Oriente apresentava consumos que não são sequer significativos a esta escala.

Já no ano de 2008, o consumo de energia por parte da OCDE abrandou, passando para próximo dos 3000 Mtep de energia consumida, apenas mais 500Mtep que em 1973. No extremo oposto, com um crescimento significativo relativamente a 1973, encontra-se a China com consumos de energia próximos dos 1300 Mtep, e a Ásia excluindo a China com consumos de aproximadamente 1000 Mtep. É ainda conveniente evidenciar o crescimento do consumo de energia do Médio Oriente, para valores similares aos apresentados pela África e América Latina.

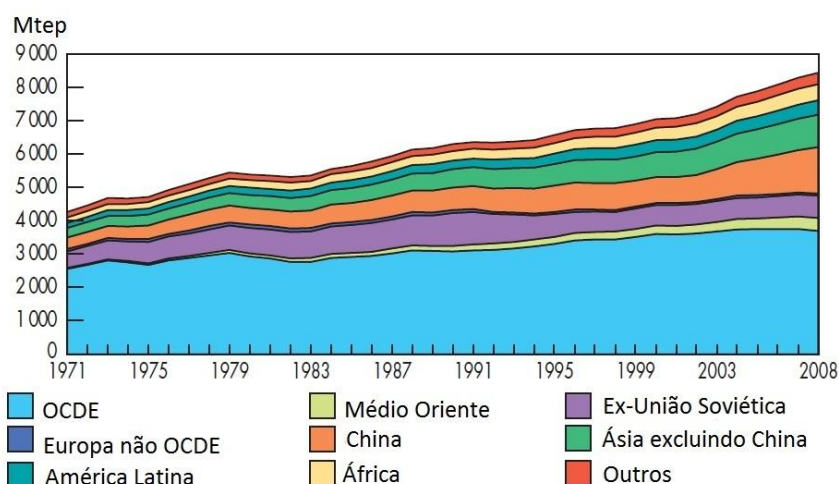


Figura 6 - Evolução do consumo mundial de energia por região, de 1971 a 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]

Recorrendo-se à figura 7, referente ao consumo mundial de energia, nos anos de 1973 e 2008, tem-se uma perspectiva mais pormenorizada das alterações do consumo mundial de energia, nas últimas décadas. O primeiro aspecto a realçar é a parcela de consumo de energia realizado pela OCDE, que passa de 60,1% em 1971 para 43,8% em 2008. Esta redução de 16,3% está relacionada com o abrandamento no consumo de energia por parte da OCDE e um aumento substancial por parte da China e Ásia excluindo China. Os maiores aumentos no consumo mundial de energia, foram então protagonizados pela China que passou de 7,9% em 1973 para 16,4% em 2008 e a Ásia excluindo China que passou de 6,4% em 1973 para 11,6% em 2008. É de salientar o facto dos maiores aumentos no consumo de energia se terem verificado nos países Asiáticos, o que é justificado pelo forte crescimento da indústria Asiática nas últimas décadas. De uma forma geral todas as regiões aumentaram a sua cota de consumo de energia, excepto a OCDE como já foi referido acima e a Ex-União Soviética que inclusive sofre uma redução, passando de 12,0% em 1973 para 7,9% em 2008. Este decréscimo está claramente relacionado com as fortes instabilidades político/militares vividas nessa região, que afectam directamente a sua economia.

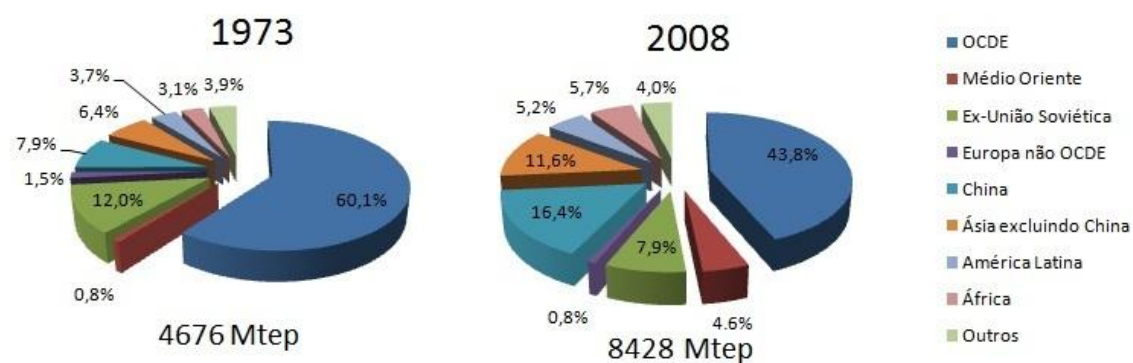


Figura 7 - Consumo mundial de energia, por região, nos anos de 1973 e 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]

A percentagem do consumo mundial de energia por parte da OCDE, de 43,8% verificada em 2008, representa um consumo efectivo de 3696 Mtep de energia, como se verifica pela figura 8. Nesta figura é ainda possível observar qual a percentagem de utilização dos vários tipos de combustível na OCDE.

Como seria de esperar, o petróleo é o combustível mais consumido na OCDE, tal como acontece no resto do mundo (IEA, 2010b), representando em 2008 cerca do 48,7% do consumo total de energia na OCDE. Este valor elevado era esperado, dado a utilização intensiva destes combustíveis em vários sectores de actividade essenciais, como o transporte, a indústria, o residencial, entre outros. Em seguida aparece a Electricidade com uma percentagem de 21,5%, em 2008, sendo os principais destinatários deste combustível, o sector residencial e de serviços públicos, a indústria e recentemente, com a implementação dos veículos eléctricos, o sector dos transportes. Com a implementação massiva dos veículos eléctricos espera-se que a electricidade aumente substancialmente a sua percentagem de utilização, em substituição do combustível petróleo. Esta substituição do consumo de electricidade em detrimento do petróleo pode trazer grandes vantagens a nível ambiental, uma vez que a electricidade pode ser gerada através de várias fontes de energia alternativa, como a energia hídrica, eólica, solar, entre outras.

Seguido da electricidade aparece o Gás com uma percentagem de 20,0%. Este combustível, tal como acontece com a maioria, sofreu um aumento nas últimas décadas e tem como principais consumidores os sectores residencial e de serviços públicos, da indústria, de utilizações não ligadas à energia e, recentemente, com uma pequena utilização relacionada com o sector dos transportes, derivado à crescente utilização dos veículos a GPL. Por fim, com percentagens inferiores a 5% aparecem os combustíveis renováveis e resíduos, com 4,3%, o carvão com 3,7% e outros combustíveis com apenas 1,8%. O carvão é um combustível que está a cair claramente em desuso, tendo vindo a

reduzir a sua percentagem de utilização em todo o mundo, com principal ênfase na OCDE (IEA, 2010b).

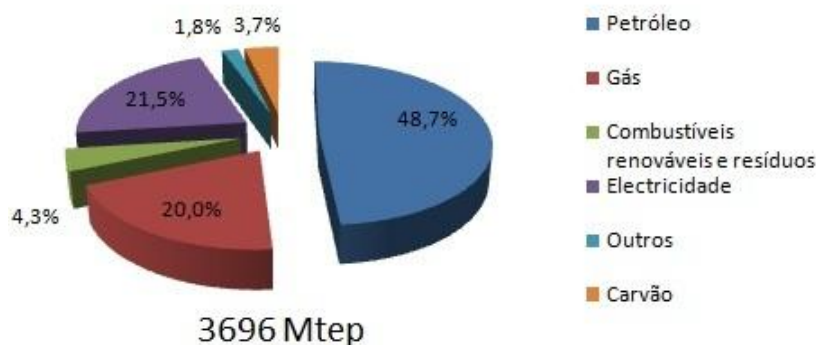


Figura 8 - Consumo de energia na OCDE, por tipo de combustível, em 2008 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2010b)]

2.1.2.1 ESTRUTURA DE CONSUMO DE ENERGIA EM PORTUGAL

Em relação à estrutura de consumo de energia primária em Portugal, como já foi referido anteriormente, verifica-se que Portugal é um país muito dependente em termos energético. Através da figura 9, que representa a estrutura de consumo de energia primária em Portugal, confirma-se essa forte dependência energética uma vez que, em 2007, a maior parte da energia consumida é proveniente de energias primárias exportadas, como é o caso do petróleo, que apresenta valores de consumo próximos dos 13 Mtep, do carvão, com valores de consumo próximos dos 3 Mtep e do Gás, com valores de consumo próximos dos 4 Mtep.

Ao analisar a figura 9 observa-se que o consumo de energia em Portugal, disparou desde 1973 para 2007, passando de valores de consumo de energia próximo dos 6 Mtep em 1973 para valores de aproximadamente 25 Mtep em 2007. Este crescimento do consumo de energia é acompanhado de um aumento significativo dos combustíveis de origem fóssil, uma vez que dos 25 Mtep de energia consumidos em 2007 apenas 5 Mtep são de origem não fóssil.

Fazendo agora uma análise por tipo de combustível, desde 1971 até a actualidade que o petróleo é o combustível dominante passando de um consumo de menos de 5 Mtep em 1971, para valores que rondam os 13 Mtep em 2007. Em relação ao carvão, este manteve um consumo de menos de 1 Mtep até aproximadamente ao ano de 1984, onde começou a aumentar, apresentando em 2007 um valor próximo dos 3 Mtep. O gás é um

combustível com uma implementação relativamente recente no panorama português, tendo surgido por volta de 1996, e desde então o seu crescimento tem sido considerável, apresentando um consumo de 4 Mtep em 2007.

Analisando agora os combustíveis de origem não fóssil, o que tem uma maior representação são os combustíveis renováveis e resíduos que em 1971 apresentavam um consumo de aproximadamente 1 Mtep, valor este que tem vindo a aumentar desde então, representando em 2007 um consumo de 4 Mtep. Em relação à energia hídrica e ao conjunto energia geotérmica, eólica e solar, estas têm mantido um consumo constante ao longo dos anos, se bem que se nota um pequeno aumento no conjunto de energias, muito possivelmente derivado à recente aposta na energia eólica.

A energia nuclear continua a não ter qualquer representação em Portugal, apesar de muitos países desenvolvidos estarem a apostar fortemente neste tipo de energia, para além da energia nuclear ser encarada por vários estudos de organizações internacionais, como uma boa alternativa aos combustíveis fósseis convencionais (IEA, 2010a).

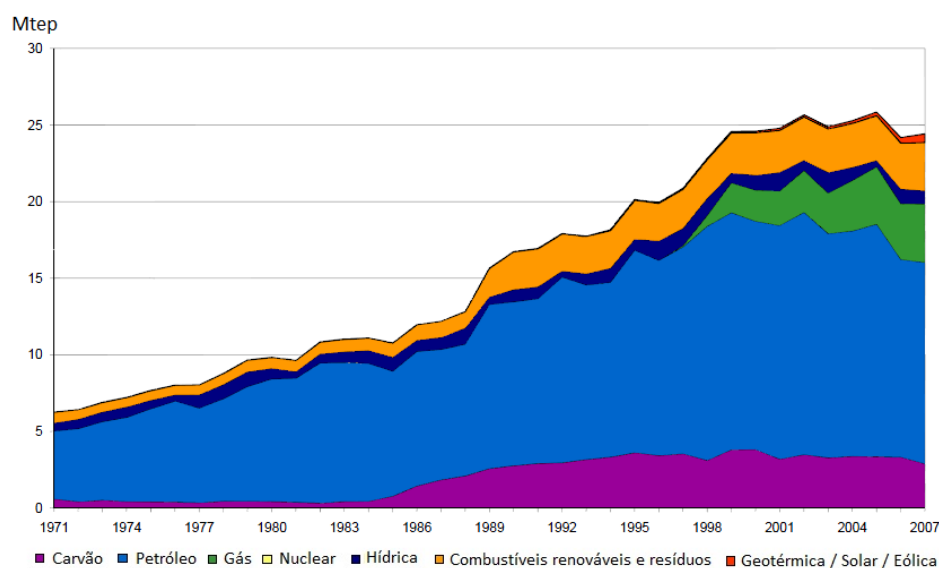


Figura 9 - Estrutura de consumo de energia primária em Portugal, do ano de 1971 a 2007
[Fonte: Adaptado de (IEA, 2009c)]

2.1.3 CONSUMO DE ENERGIA POR SECTOR

A redução do consumo de energia é uma problemática geral, afectando todos os sectores económicos. Assim sendo, para se conseguir uma redução significativa de consumo de energia e dos impactos relacionados com a mesma, todos os sectores deverão definir

medidas e adoptar tecnologias mais eficientes, que reduzam a sua dependência energética e consequentemente os impactes exercidos no ambiente. Contudo, isto não significa que todos os sectores tenham de apresentar a mesma percentagem de redução, cada sector deve apresentar medidas consoante a sua participação no actual consumo sectorial de energia, e tendo em conta as suas possibilidades de redução, recorrendo às tecnologias mais eficientes que estejam disponíveis para o sector. Não seria lógico exigir a um sector com um consumo de energia médio ou baixo, a mesma redução que será exigida aos sectores com maior participação no consumo sectorial de energia.

Através da figura 10, que representa a evolução sectorial do consumo de energia na OCDE, de 1971 a 2007, percebe-se que os principais consumidores de energia são os sectores da Indústria e dos Transportes. Estes dois sectores representavam, em 2007, mais de metade do consumo de energia na OCDE, com um valor de aproximadamente 2100 Mtep, contra o consumo total de energia na OCDE que é de cerca de 3700 Mtep.

Em 1971 os principais consumidores de energia eram o sector da Indústria e o grupo de outros sectores, ambos com consumos próximos dos 900 Mtep, seguidos pelo sector dos transportes com um consumo de aproximadamente 600 Mtep. Quando se comparam os valores de 1971 com os de 2007, facilmente se percebe que o sector que mais tem crescido, em termos de consumo de energia, é o dos transportes. Isto acontece porque em 2007 o sector dos transportes é já o maior consumidor de energia a par do conjunto de outros sectores com consumos próximos dos 1100 Mtep, enquanto o sector da indústria manteve o consumo nos 900 Mtep.

Estes valores comprovam que os maiores esforços em termos de redução do consumo de energia têm de se focar nos dois principais consumidores, a indústria e os transportes. Se bem que o sector dos transportes merece uma especial atenção visto que tem apresentado um crescimento bastante acentuado nos últimos anos, principalmente devido à utilização massiva do transporte privado em detrimento do transporte público.

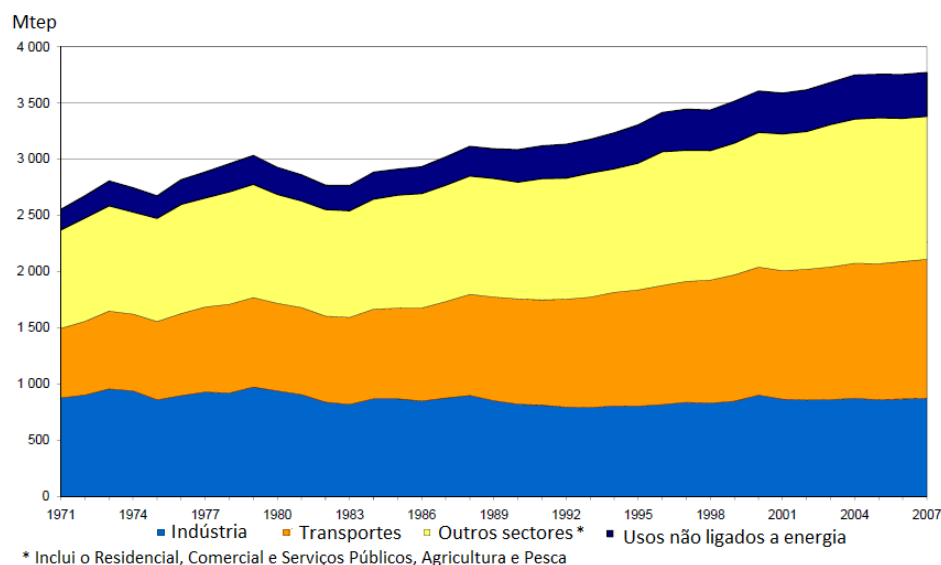


Figura 10 - Evolução sectorial do consumo de energia na OCDE, de 1971 a 2007 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009d)]

Passando agora a uma análise mais detalhada, a figura 11, ilustra o consumo de energia por sector e tipo de combustível, de 1973 a 2007. No sector da indústria, verifica-se um consumo muito próximo nos anos 1973 e 2007, para além de consumir várias fontes de energia, como o petróleo, em clara maioria, o carvão, o gás, a electricidade, pequenas quantidades de combustíveis renováveis e resíduos e quantidades residuais de outros combustíveis. Por sua vez, o sector dos transportes apresenta um aumento significativo do consumo de energia, entre o ano de 1973 e 2007, passando para praticamente o dobro. Em relação às fontes de energia, estas são dominadas quase na totalidade pelo petróleo, apresentando o gás e os combustíveis renováveis e resíduos, participações residuais. Esta extrema dependência por parte do sector dos transportes tem impactes significativos na qualidade do ar, principalmente nas cidades, onde a intensidade do tráfego é mais elevada. Por fim, o conjunto outros sectores, que inclui o sector residencial, comercial e serviços públicos, agricultura e pesca, apresenta uma distribuição de energia bastante homogénea, sendo apenas de referir a diminuição significativa do consumo de petróleo e carvão, e em contrapartida o aumento substancial do consumo de electricidade e gás.

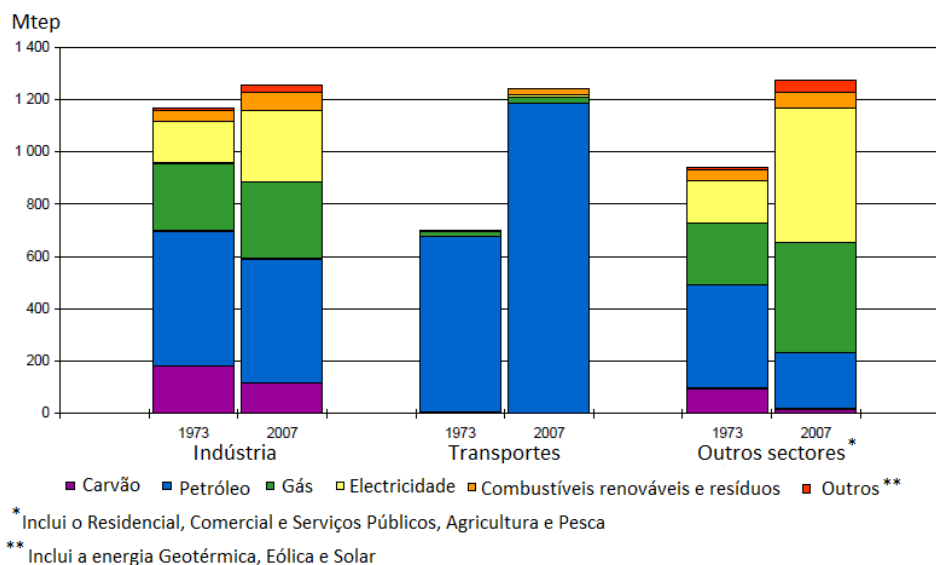


Figura 11 - Consumo de energia por sector e tipo de combustível na OCDE, em 1973 e 2007
 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009a)]

2.1.3.1 CONSUMO DE ENERGIA POR SECTOR, EM PORTUGAL

Analisando agora a estrutura de consumo de energia por sector, em Portugal, verifica-se através da figura 12, que em termos de combustíveis dominantes, Portugal segue as tendências verificadas na OCDE, em que a indústria e os transportes são responsáveis por mais de metade do consumo nacional de energia. O ponto em que o consumo de energia por sector, em Portugal, difere mais do consumo de energia por sector, na OCDE, está relacionado com o forte crescimento verificado nas últimas décadas a nível nacional, representando em 2007 cerca de quatro vezes mais do valor verificado em 1971. Este forte crescimento do consumo de energia por sector, a nível nacional, está relacionado com o forte desenvolvimento económico verificado nas últimas décadas, enquanto na maioria dos países da OCDE esse desenvolvimento já tinha ocorrido em décadas anteriores.

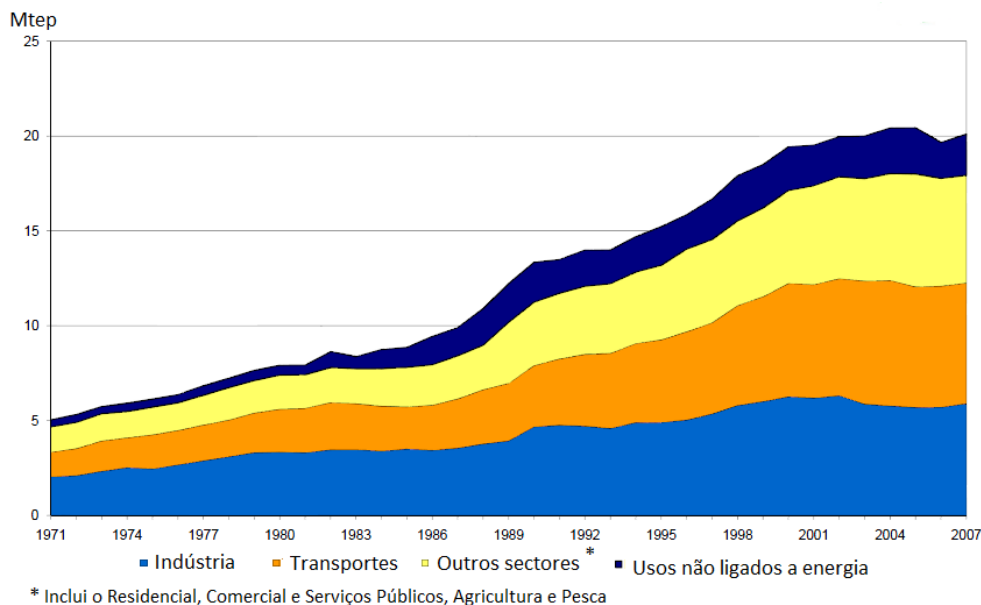


Figura 12 - Evolução sectorial do consumo de energia em Portugal, de 1971 a 2007 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009e)]

Aliado ao consumo de energia por sector estão os vários tipos de combustível, cada sector tem vários combustíveis como principais fornecedores de energia. Através da figura 13, verifica-se que em Portugal o sector da indústria apresentava, em 1973, um consumo de energia dominado pelo petróleo com cerca de 2 Mtep de consumo e apenas uma pequena parte por carvão electricidade e combustíveis renováveis e resíduos. Desde 1973 até 2007, o consumo de combustível neste sector disparou passando de aproximadamente 2,7 Mtep em 1973 para 8 Mtep em 2007. Aliado a este aumento de consumo, houve alterações consideráveis nos combustíveis consumidos pelo sector, que para além do crescimento esperado do consumo de petróleo, aumentou consideravelmente o consumo de gás, electricidade, combustíveis renováveis e resíduos, assim como propiciou um pequeno aumento no consumo de outras energias como a geotérmica, eólica e solar. O sector industrial apresenta-se assim como o sector com consumos de energias mais diversificado, apresentando um enorme potencial de redução do consumo de combustíveis fósseis.

No extremo oposto, com uma elevada dependência dos combustíveis fósseis, neste caso do petróleo, aparece o sector dos transportes que em 1973 apresentava uma dependência total deste, sendo esta a única fonte de energia, apesar do consumo nacional de energia deste sector fosse ainda muito diminuto, com um consumo de aproximadamente 1,7 Mtep. De 1973 a 2007 o sector dos transportes aumentou significativamente o consumo de combustíveis, atingindo um consumo de

aproximadamente 6,3 Mtep em 2007, contudo manteve a elevada dependência do combustível petróleo, que agora não é total, devido à pequena representação dos combustíveis renováveis e resíduos. Com o aparecimento e desenvolvimento das novas tecnologias associadas ao sector dos transportes espera-se que as próximas décadas representem uma mudança completa do consumo de combustíveis neste sector, com uma diminuição considerável no consumo de petróleo, e um aumento de outras formas de energia como a electricidade, com o aparecimento dos veículos eléctricos, o hidrogénio com o aparecimento dos veículos a hidrogénio e a células de combustível, uma forte implementação dos combustíveis renováveis e resíduos, entre outros.

Por fim, os outros sectores, ao qual dizem respeito o residencial, comercial e serviços públicos, agricultura e pesca, apresentavam em 1973, um consumo de combustíveis próximo dos 1,4 Mtep, consumo este dominado pelo petróleo com aproximadamente 1 Mtep consumido, sendo os restantes 0,4 Mtep divididos entre o consumo de electricidade e combustíveis renováveis e resíduos. Já em 2007 o cenário verificado é extremamente diferente, com um consumo de aproximadamente 6,8 Mtep, estes sectores apresentam agora a electricidade como principal combustível, com um consumo próximo dos 2,7 Mtep, o petróleo com um aumento de apenas 0,5 Mtep em relação a 1973, e ainda com um crescimento do consumo de gás e combustíveis renováveis e resíduos.

Resumindo, o consumo de combustíveis em Portugal tem vindo a aumentar a uma velocidade muito elevada, representando em 2007 um aumento de quatro vezes o valor de 1971. Este aumento do consumo de combustíveis torna-se preocupante quando se percebe que a maior parte dos combustíveis consumidos são de origem fóssil, o que compromete seriamente os compromissos internacionais estabelecidos, de redução da dependência em relação aos combustíveis fósseis e consequente redução das emissões de gases com efeito estufa. O sector dos transportes é de longe o mais preocupante, dado que apresenta uma dependência quase total do petróleo, pelo que se torna essencial desenvolver medidas para este sector, de forma a torná-lo mais eficiente e com uma menor dependência do petróleo.

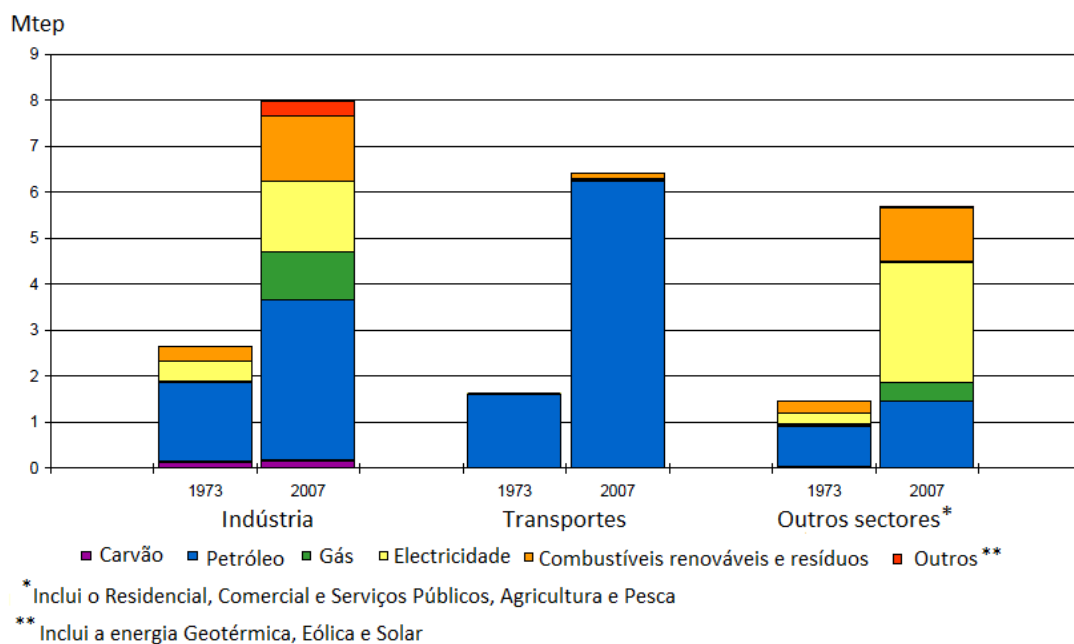


Figura 13 - Consumo de energia por sector e tipo de combustível em Portugal, em 1973 e 2007 [Fonte: Adaptado de (IEA, 2009b)]

3 IMPACTES DA ENERGIA

O aumento do consumo de energia que se tem verificado nas últimas décadas, começa finalmente a provocar preocupações ambientais, tanto que as políticas dirigidas à redução das emissões, tornam-se cada vez mais importantes. Sob a ameaça das alterações climáticas, cada vez mais reais, estas políticas têm afectado todos os sectores ligados à energia, com consequências directas na produção e consumo de energia.

Em resposta ao crescente consumo de energia, conciliado com as crescentes preocupações com as alterações climáticas, várias medidas tecnológicas estão já em marcha. Os investimentos nas energias renováveis têm aumentado substancialmente, tendo maior ênfase as energias eólica e solar (IEA, 2010a). Por outro lado, muitos países estão a considerar retomar a aposta na energia nuclear e construir novas centrais nucleares.

O investimento em novas formas de energia como as energias renováveis é um passo muito importante para a redução das emissões, contudo estas medidas não são soluções a curto prazo. Antes de mais, o investimento e a tecnologia têm de se centrar no melhoramento da eficiência energética, uma vez que, tanto a nível mundial como nos países da OCDE, são gastas quantidades de energia exorbitantes, que poderiam ser reduzidas substancialmente, melhorando a eficiência energética nos vários sectores de actividade.

Após alguns anos de crescimento modesto, o melhoramento da eficiência energética volta a ser encarado como uma medida de extrema importância, tendo acelerado novamente nos países da OCDE (IEA, 2010a). Este aceleração dos melhoramentos da eficiência energética incentivou o investimento público em vários sectores económicos, tendo-se verificado aumentos significativos no domínio da investigação, do desenvolvimento tecnológico e da demonstração. No sector do transporte, um dos principais consumidores de energia e responsável por uma parte significativa das emissões mundiais, a revolução do melhoramento da eficiência energética já está em marcha, com os grandes construtores automóveis a acrescentar nas suas linhas de produção, veículos híbridos e alguns totalmente eléctricos (IEA, 2010a). Contando ainda com o auxílio de numerosos governos, que têm lançado planos que incentivam os consumidores a adquirir esses veículos, recorrendo a várias medidas, como a isenção de impostos, entre outras (IEA, 2010a).

Contudo, apesar dos novos esforços desenvolvidos pelos vários sectores económicos e governos, em torno do melhoramento da eficiência energética, estes desenvolvimentos, embora encorajadores, representam apenas o princípio, de um longo percurso com vista a transformar as actuais formas de fornecer e utilizar energia. Tanto que, apesar das medidas que têm vindo a ser desenvolvidas, as tendências de crescimento da procura de energia e as emissões de CO₂, associadas às alterações climáticas, continuam a crescer a um ritmo desenfreado (IEA, 2010a).

3.1 A PROBLEMÁTICA DAS EMISSÕES DE CO₂

O Painel Internacional sobre as Alterações Climáticas (PIAC), elaborou estudos que referem que as tendências actuais em matéria de energia e emissões de CO₂, têm atingido valores que não são suportáveis tendo em vista um futuro sustentável, sendo as grandes potências mundiais as principais culpadas, uma vez que a Europa da OCDE, os Estados Unidos da América, a China e a Índia, representam conjuntamente cerca de 56% da procura actual de energia primária (IEA, 2010a). O PIAC tem vindo a advertir repetidamente que até ao ano de 2050, as emissões globais de CO₂ deverão ser reduzidas pelo menos 50% em relação aos níveis do ano de 2000, para se conseguir limitar o aumento global da temperatura a longo prazo entre 2,0°C e 2,4°C (IEA, 2010a). Contudo, estudos recentes demonstram um cenário ainda mais problemático, uma vez que segundo os mesmos as alterações climáticas estão a ocorrer a um ritmo ainda mais rápido do que previsto anteriormente e que possivelmente o objectivo de 50% em 2050, referido anteriormente, poderá revelar-se insuficiente para prevenir mudanças perigosas no clima mundial. (IEA, 2010a)

Tudo indica que a próxima década seja crucial e que se as emissões não culminarem por volta de 2020 e daí em diante começarem a baixar a um ritmo estável, para alcançar a redução necessária de 50% até ao ano de 2050, o preço a pagar será muito mais elevado. A tentativa de alcançar os objectivos de redução mais tarde exigirá reduções de CO₂ muito maiores, o que pressupõe que tenham de ser tomadas medidas muito mais drásticas, num curto espaço de tempo, o que acarreta custos significativamente mais elevados (IEA, 2010a).

Na tentativa de fuga a este panorama mais negativo, e atingir a meta de 50% já em 2050, continuam a ser desenvolvidos esforços para elaborar um quadro político a longo prazo com o objectivo de lutar contra as alterações climáticas (IEA, 2010a). Contudo, na 15^a

Conferência das Partes (COP 15) das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, referiu-se a extrema dificuldade de se chegar a um acordo sobre os objectivos que sejam juridicamente vinculativos com uma abordagem do global para o local. Em consequência da dificuldade em definir objectivos, o Acordo de Copenhaga não foi formalmente adoptado na COP 15, no entanto, entrou-se em consenso e foram feitos progressos em vários pontos vitais, como a necessidade de limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C; diminuir drasticamente as emissões de GEE até 2050; desenvolver tecnologias hipocarbónicas e não menos importante, criar financiamentos adicionais para os países em desenvolvimento, para que estes não repitam os erros outrora cometidos pelos actualmente desenvolvidos (IEA, 2010a).

3.1.1 NOS ÚLTIMOS ANOS

Os temas relacionados com a energia e as emissões são cada vez mais assunto de discussão entre as principais potências económicas. As preocupações em matéria de segurança energética, a ameaça das alterações climáticas e a necessidade de atender a crescente procura de energia, principalmente pelos países em desenvolvimento, constituem grandes desafios. Neste sentido muitos governos começaram já a adoptar alguns dos princípios do Acordo de Copenhaga, aumentando o financiamento da investigação e do desenvolvimento em matéria de tecnologias hipocarbónicas, através de políticas renovadas, mais eficientes e ainda com a fixação de objectivos nacionais de redução das emissões (IEA, 2010a).

Apesar destes primeiros sinais de mudança por parte da maioria dos países, este esforço não tem sido suficiente, pois o consumo de energia e as emissões continuam a evoluir a um ritmo acelerado. Segundo o estudo Energy Technology Perspectives 2010 (ETP 2010), de 1990 a 2000, as emissões globais de CO₂ aumentaram em média 1,1% por ano, disparando nos sete anos seguintes para uma taxa de crescimento anual das emissões de 3%. Estes valores, nada animadores, são resultado da crescente procura energia baseada no carvão, para fazer face ao aumento dos preços do gás e do petróleo (IEA, 2010a). Ao contrário do que seria de esperar à uns anos atrás, quando se pensava que o carvão estava a cair em desuso, este voltou a ser uma importante fonte de matéria-prima para produzir energia eléctrica, tanto que a taxa de crescimento das emissões provocadas pela utilização do carvão passou de 0,6% ao ano, entre os anos de 1990 e 2000, para valores de 4,8% ao ano, entre os anos de 2000 e 2007 (IEA, 2010a).

3.1.2 CENÁRIOS PREVISTOS E OPÇÕES ENERGÉTICAS

Uma vez que as actuais tendências energéticas não parecem ir de encontro às necessidades de redução de emissões de CO₂ o estudo ETP 2010, realizou uma análise em que compara dois cenários alternativos. O primeiro é intitulado de *Cenário Base* e segue as actuais tendências energéticas, assumindo que os governos não tomam novas medidas políticas em matéria de energia e emissões. Por sua vez, o *Cenário Blue*, fixa o objectivo de diminuir, até ao ano de 2050, as emissões de CO₂ ligadas à energia, comparadas com os níveis verificados no ano de 2005 (IEA, 2010a). Neste último Cenário são ainda analisadas as formas menos dispendiosas de se atingir a meta definida, através da implementação de tecnologias hipocarbónicas existentes. O *Cenário Blue* dá ênfase à necessidade de segurança energética, que apenas poderá ser obtida reduzindo a dependência em relação aos combustíveis fósseis e refere outros benefícios, resultantes da redução das emissões, como a melhoria da saúde, graças à redução da poluição do ar. Esta melhoria de qualidade do ar pode ainda contribuir para o desenvolvimento económico, uma vez que diminui as doenças respiratórias ligadas à poluição atmosférica e poupa directamente dinheiro nos cuidados de saúde (IEA, 2010a).

Um futuro baseado na produção intensiva de carbono não é um dado adquirido, recorrendo a uma combinação de tecnologias existentes e inovadoras, é possível reduzir as emissões de CO₂ relacionadas com a produção de energia até ao ano de 2050 (IEA, 2010a). Como é possível verificar pela figura 14, prevê-se que as emissões de CO₂ no ano de 2050 atinjam um valor de 57Gt de CO₂ para o *Cenário Base*, enquanto o *Cenário Blue*, reduzirá as emissões para valores de 14 Gt de CO₂ no ano de 2050. Esta redução tão acentuada das emissões de CO₂, abaixo do valor actual, é o resultado de um vasto leque de tecnologias referidas na figura 14. Sendo assim, para se atingir a redução do *Cenário Blue*, a tecnologia de aumento da eficiência do combustível e da electricidade nos utilizadores finais deve representar 38% das tecnologias de redução, ou seja, adoptar veículos eléctricos e híbridos em vez dos veículos convencionais com motores de combustão interna, a nível da electricidade, adoptar bombas de calor eficientes em vez dos tradicionais aquecimentos a combustíveis fósseis (IEA, 2010a). As tecnologias de captação e armazenamento de carbono (CAC), são também uma grande aposta do *Cenário Blue* e espera-se que atinjam valores próximos dos 19%, seguido das energias renováveis com 17%, valor que se justifica devido à necessidade de criar alternativas aos combustíveis fósseis, como o carvão o petróleo e o gás (IEA, 2010a). Por fim existe mais um conjunto de três tecnologias a adoptar, que são a eficiência da transição do

combustível nos utilizadores finais com uma representação de 15%, o aumento na produção de energia nuclear com 6% e ainda a eficiência na geração eléctrica e transição dos combustíveis com 5% (IEA, 2010a).

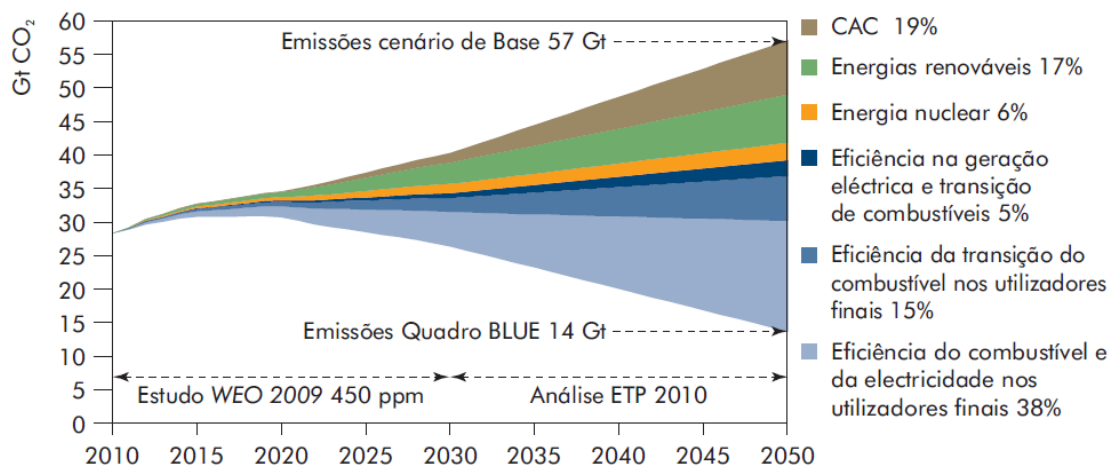


Figura 14 - Prospecção das emissões dos cenários, Base e Blue, até 2050 e tecnologias chave para a redução das emissões de CO₂. [Fonte: (IEA, 2010a)]

A adopção e implementação destas novas tecnologias, para reduzir as emissões de CO₂, não se podem aplicar apenas aos países da OCDE. Neste sentido, tem de se desenvolver um esforço conjunto para disseminar as tecnologias energéticas hipocarbónicas nos países não OCDE, até porque, vários Cenários apontam para que no futuro, quase todo o crescimento da procura de energia e aumento de emissões de CO₂ seja proveniente dos países não OCDE. Visto isto, torna-se essencial que as principais economias não OCDE, com um crescimento previsto mais rápido, como o Brasil, a China, a Índia, a Federação Russa e a África do Sul, adoptem também estas medidas tecnológicas (IEA, 2010a).

Atingir estes objectivos constituirá um desafio que exige investimentos significativos, mas os benefícios em termos de impacto ambiental, de melhoria da segurança energética e de redução da factura energética, justificam plenamente esses investimentos.

Contudo, para que estes objectivos se possam tornar uma realidade, os governos terão que intervir a um nível sem precedentes na próxima década, a fim de evitar um bloqueio com tecnologias altamente poluidoras e ineficazes (IEA, 2010a). Estas intervenções devem ter em atenção os diversos sectores económicos, focando grande parte da sua atenção nos sectores com maiores consumos de energia e com maiores quantidades de emissões de CO₂.

3.1.3 EMISSÕES DE CO₂ POR SECTOR

É fundamental a implementação e difusão das tecnologias, existentes e inovadoras, em todos os sectores da economia, devendo ter-se em conta a necessidade de tomar rapidamente medidas que integrem objectivos a longo prazo. A aplicação destas medidas tecnológicas, sem uma perspectiva de longo prazo, acarreta o risco de realização de investimentos dispendiosos e inadequados, que prejudiquem os objectivos futuros de redução das emissões de CO₂. Estes investimentos sem perspectivas de longo prazo podem ainda acarretar gastos excessivos para as empresas, que terão de substituir os equipamentos antes do fim do seu ciclo de vida normal.

As actividades ligadas à energia são responsáveis por cerca de 84% das emissões de CO₂ e aproximadamente 65% das emissões totais de gases com efeito estufa, podem ser atribuídas ao fornecimento e uso de energia (IEA, 2010a). Uma vez que os usos da energia têm uma contribuição tão forte nos poluentes atmosféricos, para se atingir o objectivo de reduzir em 50% as emissões globais de CO₂, até ao ano de 2050, todos os sectores deverão reduzir consideravelmente as suas emissões, tendo em conta as perspectivas de crescimento e o conjunto de soluções hipocarbónicas a implementar por cada sector.

Neste sentido, o estudo ETP 2010 referido anteriormente, apresenta uma previsão das emissões globais de CO₂, por sector económico, utilizando como ponto de referência o ano de 2007 e caracterizando dois Cenários possíveis, *Base* e *Blue*, para os anos de 2030 e 2050. Na figura 15, observa-se que o sector da geração eléctrica era em 2007 o sector que maiores emissões de CO₂ produzia, com um valor de aproximadamente 41%, o que corresponde a uma emissão de 12 Gt de CO₂, seguido pelos sectores do transporte e indústria, ambos com uma percentagem de aproximadamente 23%, o que corresponde a uma emissão de 6 Gt de CO₂ por sector (IEA, 2010a). Por fim, enquadra-se ainda nos sectores mais poluentes, o sector dos edifícios que têm uma percentagem de aproximadamente 12%, o que corresponde a uma emissão de 3 Gt de CO₂ (IEA, 2010a).

Segundo a previsão efectuada para o *Cenário Base* o sector da geração eléctrica irá ter um grande aumento até 2050, apresentando valores próximos do dobro dos valores referência do ano de 2007. Estas previsões, de que o sector da geração eléctrica irá apresentar emissões de aproximadamente 24 Gt de CO₂, no ano de 2050, são muito preocupantes e devem-se principalmente à contínua persistência dos combustíveis fósseis na produção de energia. Contudo, o sector da geração eléctrica é também o que

apresenta maior potencial de redução no *Cenário Blue*, apresentando emissões de 7 Gt de CO₂ no ano de 2030 e perto de 3 Gt de CO₂ no ano de 2050, o que representa uma redução de 9 Gt de CO₂ em relação ao ano de 2007 e uma redução drástica de 21 Gt de CO₂ em relação ao *Cenário Base* (IEA, 2010a). No entanto, estes valores do *Cenário Blue* apenas serão possíveis se forem adoptadas medidas em que as energias renováveis sejam responsáveis por quase metade da produção global de energia, a energia nuclear pouco menos de um quarto e recorrendo ainda a uma ampla adopção de mecanismos de captação e armazenamento de carbono na produção de electricidade a partir de combustíveis fósseis. (IEA, 2010a)

Em relação aos restantes sectores, a indústria apresenta um crescimento constante, no *Cenário Base*, atingindo um valor de 9 Gt de CO₂ no ano de 2050, valor apenas 3 Gt de CO₂ superior ao verificado em 2007, pelo que se percebe que não é um dos sectores mais preocupantes. Já no *Cenário Blue*, o sector da indústria apresenta um valor de 4 Gt de CO₂ no ano de 2050, valor este apenas 2 Gt de CO₂ inferior ao verificado em 2007. Estas previsões relativas ao sector da indústria, vêm demonstrar que este não será, para já, um dos sectores em que mais se deve apostar na redução, havendo sectores prioritários, por serem mais preocupantes (IEA, 2010a).

Analisando a evolução do sector das outras transformações, na figura 15, verifica-se que este é um dos sectores que sofre maiores alterações, entre os *Cenário Base* e *Blue*. No ano referência, 2007, este sector apresentava um valor de emissões de aproximadamente 1 Gt de CO₂, valor este bastante inferior ao perspectivado para o *Cenário Base*, sendo que neste *Cenário* aponta-se para que as emissões de CO₂ deste sector, em 2050, sejam seis vezes superiores ao ano referência, apresentando um valor próximo dos 6 Gt de CO₂, representando assim o maior aumento, de todos os sectores, em relação ao ano referência. Contudo, no *Cenário Blue* acontece totalmente o contrário, verificando-se uma diminuição drástica das emissões de CO₂ até ao ano de 2050, onde não são esperadas quaisquer emissões de CO₂ por parte deste sector.

Por fim, o sector que tem maior relevância no âmbito da presente dissertação, sector dos transportes, apresenta um crescimento significativo no *Cenário Base*, aumentando constantemente até atingir um valor de aproximadamente 14 Gt de CO₂ no ano de 2050. Este valor representa um aumento bastante significativo, visto que se trata de praticamente o dobro do valor verificado no ano de 2007. Já no *Cenário Blue*, as emissões do sector dos transportes têm um decréscimo constante, apresentando no ano de 2050, um valor próximo dos 4,5 Gt de CO₂ (IEA, 2010a). Este valor, apesar de

representar uma pequena redução em relação ao ano de 2007, de apenas 1,5 Gt de CO₂, é um grande contributo para a diminuição das emissões globais, uma vez que o sector dos transportes tem uma grande tendência de aumentar as emissões a um ritmo acelerado, tanto que, é apontado pelo *Cenário Base*, como a segunda maior fonte de CO₂ em 2050.

A produção de electricidade com emissões de carbono próximas de zero cria a oportunidade de reduzir as emissões de CO₂ não apenas no seu sector, mas em todos os outros e nos consumidores finais. Exemplo disso, é a utilização de veículos eléctricos, em detrimento dos veículos de combustão convencionais, o que faz com que os veículos apenas consumam energia eléctrica para se movimentar, sendo essa energia eléctrica produzida com emissões próximas de zero, as emissões associadas ao ciclo de vida dos veículos serão também próximas de zero, faltando apenas acrescentar as emissões referentes à construção dos mesmos.

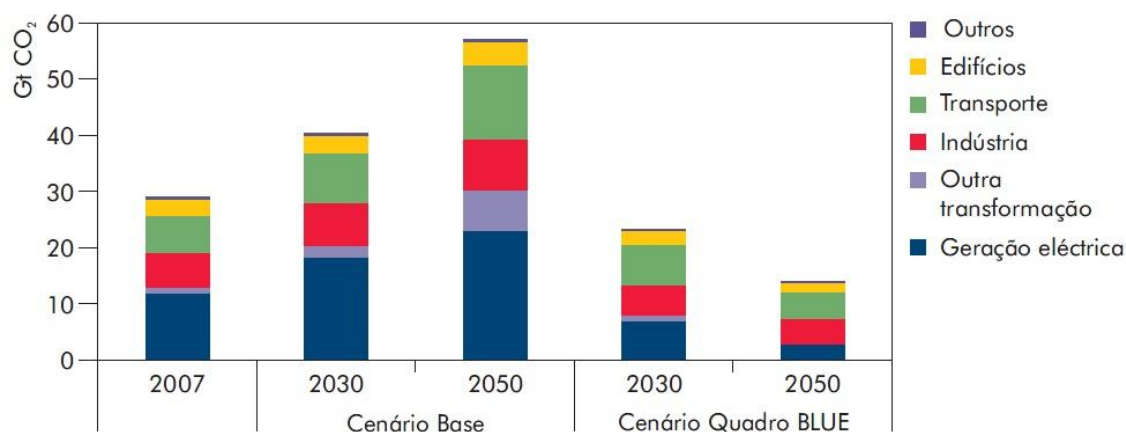


Figura 15 - Emissões globais de CO₂, segundo os Cenários Base e Blue para os anos de 2030 e 2050. [Fonte: (IEA, 2010a)]

De seguida será realizada uma análise mais pormenorizada sobre o sector dos transportes, uma vez que é o sector com maior relevância no âmbito da presente dissertação, como já foi referido anteriormente. Nesta análise, será dado ênfase à situação actual em termos de emissões de CO₂, aos dois cenários propostos pelo ETP 2010 e às oportunidades de aplicação de novas tecnologias, mais eficientes e menos poluentes.

3.1.3.1 SECTOR DOS TRANSPORTES

Como já foi referido anteriormente, o sector dos transportes era no ano de 2007, responsável por 23% das emissões de CO₂ relacionadas com a energia (IEA, 2010a). Este valor já por si se torna preocupante, mas tendo em conta o crescimento acentuado por parte de todos os meios de transporte, principalmente dos veículos ligeiros de passageiros, é esperado que estes valores de emissões sofram um aumento significativo. O que vai agravar ainda mais as tendências de emissões verificadas para o sector. Tendo em conta estas tendências de crescimento, o *Cenário Base* aponta para uma duplicação da energia utilizada nos transportes e um acréscimo acentuado das emissões de CO₂ até ao ano de 2050 (IEA, 2010a).

Para que seja possível reduzir, em termos absolutos, as emissões no sector dos transportes, será necessário diminuir o ritmo de crescimento de utilização de combustíveis fósseis nos transportes. Isto só será possível através de tecnologias que proporcionem uma maior eficiência energética e do aumento da utilização de combustíveis com baixa produção de carbono (IEA, 2010a). Outra forma de reduzir as emissões, esta sem alterar a tecnologia, consiste em incentivar os utilizadores do transporte privado a utilizarem os transportes públicos, como os autocarros e os comboios. Esta medida acarreta grandes vantagens, quer a nível social, com a poupança monetária por parte dos utilizadores e com o aumento da qualidade de vida resultante da uma melhor qualidade do ar; quer a nível de benesses ambientais, como a redução das emissões de CO₂ em geral e a diminuição das altas concentrações de GEE libertados nas cidades, entre muitas outras (IEA, 2010a).

Se houver uma boa aceitação, implementação e adopção dos veículos eléctricos, dos veículos híbridos Plug-in e uma hibridação generalizada dos veículos convencionais, entre outras tecnologias inovadoras, existem boas perspectivas de reduzir substancialmente a utilização de combustíveis fósseis e consequentemente reduzir as emissões de CO₂ (IEA, 2010a). Para tal acontecer, grande parte dos governos dos países da OCDE estabeleceram normas rigorosas em termos de economia de combustível e muitos outros governos no mundo, anunciaram planos de apoio à utilização mais ampla dos veículos eléctricos e dos veículos híbridos Plug-in. Estima-se, que este conjunto de medidas poderá colocar nas estradas mais de 5 milhões de veículos eléctricos e híbridos Plug-in (IEA, 2010a).

Muitas são as medidas e os planos estabelecidos pelos mais diversos governos de todo o mundo, contudo, se não houver uma implementação mais drásticas de medidas de

redução e aplicação imediata das tecnologias inovadoras nos veículos, a problemática dos transportes vai continuar a aumentar e não será possível atingir as metas de redução estabelecidas.

3.2 EMISSÕES NOS TRANSPORTES

Os transportes são essenciais para o desenvolvimento económico dos países, para além de possibilitarem o acesso dos cidadãos aos mais variados bens e serviços, como ao emprego, à educação, ao lazer, entre outros. Contudo, a utilização em massa dos transportes, gera efeitos negativos no ambiente e na saúde pública, podendo assim causar uma diminuição da qualidade de vida das populações. Esta diminuição da qualidade de vida torna-se mais evidente em áreas urbanas, uma vez que as emissões provenientes dos transportes representam, actualmente, um dos principais contributos para a poluição atmosférica nestas áreas (SILVA, 2009).

Os transportes estão directamente relacionados com impactes ambientais a vários níveis, como o ruído, a poluição atmosférica e as alterações climáticas. A quantidade de poluentes emitidos por este sector, não depende apenas do número de veículos em circulação, existem outros factores como a idade, tipo de veículo, tipo de motor e o seu estado de funcionamento, os combustíveis utilizados, os padrões de condução, entre outras características que influenciam significativamente essas emissões (SILVA, 2009).

O sector dos transportes é um dos principais responsáveis pela existência de ozono da troposfera, sendo por isso designado de ozono troposférico. Este poluente não é emitido directamente para a atmosfera, sendo produzido através de processos fotoquímicos que envolvem reacções entre os seus precursores, que são os NO_x , o CO, o metano (CH_4) e os COV (SILVA, 2009).

Para além do ozono, os transportes rodoviários são responsáveis por grande parte das emissões de gases com efeito estufa, como o CO_2 , que esteve anteriormente em análise no ponto 3.1, o CH_4 ou óxido nitroso (N_2O), que resultam do consumo de combustíveis fósseis.

Outro poluente atmosférico, com origem nos transportes rodoviários, e que tem uma contribuição significativa na emissão de poluentes para a atmosfera, é o PM. Este poluente subdivide-se em duas categorias, o PM primário que diz respeito a matéria particulada emitida directamente para a atmosfera e o PM secundário que é transformado em partículas através de reacções químicas na atmosfera, através dos seus precursores,

como o dióxido de enxofre (SO_2), o NO_x e a amónia (NH_3). Estima-se que cerca de 31,3% das emissões de PM na União Europeia a 27 (EU 27) seriam provenientes do sector dos transportes (EC, 2007).

A forte dependência do sector dos transportes em relação aos combustíveis fósseis, faz com que as emissões de gases com efeito estufa estejam intimamente relacionadas com este sector. Agrupado, no sector dos transportes encontram-se o transporte rodoviário, marítimo, aéreo e ferroviário. O transporte rodoviário é de todos os tipos de transporte, o responsável por maiores quantidades de emissões de poluentes, devido principalmente à massificação do transporte privado de passageiros.

As emissões dos transportes rodoviários são inúmeras e apresentam um vasto conjunto de efeitos sobre o ambiente, podendo destacar-se os gases com efeito de estufa como o CO_2 , o CH_4 e o N_2O , os precursores do Ozono, como o CO, os NO_x e os Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos (COVNM), as substâncias acidificantes como a Amónia (NH_3) e CO_2 , as PM e ainda substâncias com efeitos mais nefastos na saúde, as espécies cancerígenas, como os Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAH) e os Poluentes Orgânicos Persistentes (POP), as substâncias tóxicas como as dioxinas e os furanos e ainda os metais pesados (SILVA, 2009).

De todos os poluentes referidos, de seguida serão descritos mais pormenorizadamente, os principais poluentes provenientes das emissões dos transportes, regulamentados pela directiva 98/69/CE (SILVA, 2009). Esta breve descrição dos poluentes regulamentados serve ainda de introdução aos mesmos, uma vez que vão ser desenvolvidos modelos para calcular as emissões destes poluentes, para a frota de transportes públicos do caso de estudo, representando assim um dos principais objectivos da presente dissertação.

3.2.1 MATÉRIA PARTICULADA

A matéria particulada não é constituída apenas por um único poluente, ao contrário do que se poderia pensar, esta é composta por mistura de várias subclasses de poluentes, que se podem encontrar na forma sólida ou líquida. A matéria particulada proveniente dos transportes rodoviários tem origem em diversas formas, sendo a mais significativa resultante dos processos de combustão, embora tenha ainda a contribuição da erosão dos pavimentos pela circulação rodoviária e do desgaste dos travões e pneus do veículo.

O tamanho das partículas é de extrema relevância a vários níveis, quer pelo tempo que estas se encontram em suspensão, quer pelos impactos que possam causar na saúde

(SILVA, 2009). Evidências científicas indicam que quanto menor o diâmetro das partículas maior o perigo que representam para a saúde. Neste sentido a Organização Mundial de Saúde (OMS) destaca principalmente duas categorias, as partículas menores que 10 μm de diâmetro, usualmente designadas de PM_{10} ou por matéria particulada inalável e as partículas menores que 2,5 μm de diâmetro, usualmente designadas por $\text{PM}_{2,5}$ ou matéria particulada respirável ou fina (SILVA, 2009). As partículas com diâmetros superiores a 10 μm são menos perigosas, uma vez que, na sua maioria, ficam depositadas nas cavidades nasais e na garganta, por sua vez, as partículas de dimensões inferiores a 1 μm podem atingir as regiões mais profundas dos pulmões, causando assim riscos muito mais elevados para a saúde (SILVA, 2009). Uma exposição a longo prazo a este tipo de partículas pode provocar problemas cardio-respiratórios, cancro nos pulmões e levar a uma consequente redução da esperança média de vida.

Para além dos efeitos na saúde, o tamanho das partículas é também determinante no tempo que estas se encontram em suspensão na atmosfera, enquanto as PM_{10} são facilmente removidas da atmosfera através de sedimentação e precipitação, as $\text{PM}_{2,5}$ poderão permanecer na atmosfera por muitos dias ou mesmo semanas, e consequentemente, ser transportadas através de longas distâncias.

3.2.2 ÓXIDOS DE AZOTO

Os NO_x provenientes da combustão dos transportes rodoviários são o monóxido de azoto (NO), o dióxido de azoto (NO_2) e ainda pequenas quantidades de N_2O . O NO é dos NO_x o que é emitido em maiores quantidades e caracteriza-se por ser um poluente incolor e sem odor (SILVA, 2009). Estes compostos formam-se quando os combustíveis são queimados a altas temperaturas, como acontece nos motores dos veículos do sector dos transportes. À saída do tubo de escape, o principal NO_x existente é o NO, no entanto, quando entra em contacto com o oxigénio atmosférico parte do NO transforma-se em NO_2 (SILVA, 2009).

Os NO_x , assim como os poluentes formados a partir deste, podem ser transportados através de longas distâncias, pelo que os problemas associados à emissão destes poluentes não se restringem apenas às áreas onde são emitidos.

Existem vários impactes do NO_x no ambiente, sendo um dos mais relevantes as chuvas ácidas, que têm origem na conjugação dos NO_x com o dióxido de enxofre (SO_2), e são responsáveis pela deterioração de materiais e vegetação. No caso do NO_2 , existem

evidências que uma exposição a este poluente poderá ter efeitos ao nível da diminuição da função pulmonar e aumento de doenças do foro respiratório, sendo a população mais vulnerável a este poluente as crianças e os doentes com asma, bronquite e outras doenças respiratórias (SILVA, 2009).

3.2.3 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

O termo Compostos Orgânicos Voláteis (COV), é utilizado para denominar os compostos orgânicos que, em condições normais de pressão e temperatura, se encontram em fase gasosa ou se podem vaporizar para a atmosfera (SILVA, 2009). Estes são constituídos principalmente por hidrocarbonetos resultantes das moléculas de combustível parcialmente queimadas, podendo ainda estar presentes quantidades menores de outros poluentes como os alcanos, os alcenos, aldeídos, cetonas, peróxidos orgânicos e compostos orgânicos halogenados. Os COV, quando combinados com os NO_x , são considerados dos principais poluentes precursores do ozono troposférico (SILVA, 2009).

Relativamente aos COV, convém ainda referir a variante, muito referenciada quando o assunto é emissões de poluentes provenientes do transporte rodoviário, que são os Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos, que como o nome indica são compostos orgânicos voláteis excluindo o metano (SILVA, 2009). O sector dos transportes é uma das principais fontes emissoras deste poluente.

Para além dos danos provocados na atmosfera, os COV podem ter efeitos nefastos para a saúde, causando irritação dos olhos e vias respiratórias e em casos mais graves, por norma quando expostos a concentrações mais elevadas deste poluente, pode ainda causar dores de cabeça, náuseas e perda de equilíbrio.

3.2.4 MONÓXIDO DE CARBONO

O poluente CO tem origem em reacções de combustão incompletas, ou seja, sempre que o combustível é apenas parcialmente oxidado, em vez de ser totalmente oxidado, dando neste caso origem ao CO_2 (SILVA, 2009). No inverno, altura em que as temperaturas são mais baixas, é quando as emissões de CO atingem concentrações mais elevadas, isto acontece porque os motores dos veículos têm maior dificuldade em estabilizar a temperatura o que dá origem a combustões incompletas e consequentemente maiores emissões de CO. O congestionamento do trânsito é outra situação que origina uma elevada emissão de CO, devido às constantes paragens e arranques, estimando-se que

cerca de 85% a 95% das emissões de CO nas cidades sejam provenientes da exaustão de veículos (SILVA, 2009).

Por se tratar de um poluente incolor e inodoro, o CO é imperceptível, o que o torna muito perigoso para a saúde. Este inibe a capacidade do sangue transportar oxigénio aos vários órgãos e tecidos, uma vez que apresenta uma afinidade para a hemoglobina bastante superior à do oxigénio, o que faz com que a hemoglobina se ligue a este gás em vez do oxigénio (SILVA, 2009). Em consequência há uma redução de oxigénio na corrente sanguínea, que em exposição contínua pode levar à morte por asfixia. Os primeiros sintomas consistem na diminuição dos reflexos, dores de cabeça e inconsciência, vómitos, diminuição de percepção visual e controlo de movimentos (SILVA, 2009). O facto deste poluente provocar inconsciência sem as pessoas se aperceberem, torna este poluente muito mortal.

3.2.5 DIÓXIDO DE CARBONO

Apesar de não fazer parte dos poluentes regulamentados pela Directiva 98/69/CE, é conveniente referir aqui o CO₂, uma vez que, é um dos poluentes que vão ser calculados para o caso de estudo da presente dissertação, servindo assim como introdução do poluente (SILVA, 2009). Para além disso, apesar do CO₂ não proporcionar um impacte significativo a nível local, representa um contributo importante para as emissões responsáveis pelo aquecimento global, como já foi referido no ponto 3.1 referente à problemática das emissões de CO₂, pelo que faz todo o sentido a sua análise em termos de emissões da frota do caso de estudo (SILVA, 2009).

O CO₂ tem origem nas combustões completas, resultando da completa oxidação dos combustíveis pelo oxigénio atmosférico. Por esta razão os transportes rodoviários são uma das principais fontes de CO₂ (SILVA, 2009). Este poluente, apesar de não ser particularmente perigoso para a saúde humana, é o principal poluente causador do efeito de estufa, pelo que a diminuição das suas emissões tem de ser rapidamente implementada, principalmente no sector dos transportes.

4 TRANSPORTES EM PORTUGAL

A posição geográfica de Portugal Continental na fachada Oeste-Atlântica da Península Ibérica e da Europa confere ao território nacional um estatuto importante nas rotas marítimas e aéreas que asseguram a ligação da Europa a outros continentes (PERFORM, 2009). Sendo assim o território nacional apresenta uma posição geográfica com um importante posicionamento geoestratégico dos fluxos internacionais de passageiros e mercadorias, cuja valorização potencia a afirmação da centralidade de Portugal como plataforma atlântica da Europa. Este potencial fica ainda acrescido, tendo em conta a importante localização das Regiões Autónomas da Madeira e Açores (PERFORM, 2009).

Contudo, à escala Europeia o território nacional assume uma posição periférica relativamente ao centro da Europa, situação que se agravou recentemente com o alargamento da União Europeia a leste, introduzindo assim uma deslocalização dos interesses económicos da Europa no sentido do quadrante de leste. Assim sendo, a melhor forma de criar uma aproximação relativa de Portugal aos grandes mercados europeus, passa pela implementação dos projectos prioritários consignados na Rede Transeuropeia de Transportes (RTE-T) e o estabelecimento de elos que garantam a vantagem competitiva decorrente da posição geoestratégica do país no espaço atlântico (PERFORM, 2009).

Segundo a conclusão a que a Comissão Europeia chegou em 1994 no conselho Europeu de Essen e reforçou em 1996 em Dublin, ao definir as bases para a identificação de uma RTE-T, para se garantir o êxito do mercado interno europeu, garantindo a mobilidade sustentável e a segurança do abastecimento energético, tem de haver uma aposta clara no desenvolvimento de redes de transporte e energia eficientes (PERFORM, 2009). No âmbito da RTE-T foi definido um conjunto de 30 projectos prioritários, com o objectivo de redução dos tempos de transporte devido à redução do congestionamento e a redução das emissões de GEE por via de uma melhor repartição modal (PERFORM, 2009).

Do conjunto de 30 projectos prioritários, está previsto que 5 afectem o território nacional. Prevê-se que estes projectos dêem origem a várias infra-estruturas que tornem o país mais competitivo e com maiores facilidades de negociação e transacção com os restantes países da Europa. Dentro dos projectos que afectam o território nacional estão incluídas as ligações ferroviárias de transporte, redes ferroviárias de alta velocidade, auto-estradas terrestres e ainda auto-estradas marítimas (PERFORM, 2009).

Apresentando-se, o sector dos transportes, como um elemento essencial na capacidade de mobilidade de pessoas e bens, este constitui um elemento fundamental para o exercício das actividades económicas e sociais. Em Portugal, os transportes rodoviários têm assumido particular domínio em relação aos restantes meios de transporte, muito por causa da utilização massiva do transporte privado (PERFORM, 2009). Neste sentido, torna-se importante caracterizar o actual estado de funcionamento do transporte rodoviário em Portugal, tentando dar ênfase às principais alterações e características mais marcantes.

4.1 TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Nos últimos anos têm-se verificado alterações no sector dos transportes rodoviários em Portugal, nomeadamente no que diz respeito à utilização dos vários tipos de transporte, à composição do parque automóvel e até em relação às infra-estruturas rodoviárias. Neste sentido, de seguida será realizada uma análise à rede rodoviária nacional e à evolução do parque automóvel.

4.1.1 REDE RODOVIÁRIA

Para que seja possível desenvolver e utilizar os meios de transporte rodoviários, é essencial que exista uma rede rodoviária que proporcione segurança, rapidez de deslocação e que abranja a maior área possível, para que todos os cidadãos possam usufruir desta. Uma rede rodoviária abrangente e que proporcione bons acessos a uma região, torna-se um factor de desenvolvimento da mesma, fazendo toda a diferença em termos de desenvolvimentos de indústria e outros serviços impulsionadores da economia local e criadores de emprego.

Verificada a extrema importância da rede rodoviária como mecanismo essencial ao desenvolvimento de uma região e para o funcionamento eficaz do transporte rodoviário, a figura 16, mostra a evolução da extensão da rede rodoviária nacional desde o ano de 2004 a 2008. Através desta figura verifica-se que, no intervalo de anos em questão, se verificou um aumento de 301 km na extensão da rede nacional de estradas, passando de 12689 km em 2004 para 12990 km em 2008 e um aumento 582 km referente à rede de auto-estradas, passando de 2091 km em 2004 para 2673 km em 2008.



Figura 16 - Extensão da Rede Rodoviária Nacional, 2004 a 2008 [Fonte: (INE, 2009)]

Através dos valores acima referidos dá para ter uma noção que a tendência dos últimos anos passa por uma maior aposta nas redes de maior velocidade, as auto-estradas, com o intuito de ligar as principais cidades do país e ainda de criar vias com o mesmo destino, mas alternativas às mais congestionadas. Este aumento de quilómetros de auto-estrada torna-se importante para o desenvolvimento económico do país uma vez que facilita a mobilidade de pessoas e mercadorias, reduzindo ainda o tempo de viagem.

Falando ainda na extensão da rede rodoviária nacional, verifica-se pela figura 17, que o índice de densidade de quilómetros de rede rodoviária, em 2008, apresenta maiores valores para os distritos de Porto, Braga e Lisboa, com valores próximos dos 300 km de rede rodoviária por cada 1000 km². No extremo oposto encontram-se os distritos do interior do país, como Beja, Castelo Branco, Bragança e Portalegre, com valores a rondar os 100 km de rede rodoviária por cada 1000km², ou seja, valores cerca de três vezes inferiores aos distritos com maior densidade.

Ainda na figura 17, é possível retirar ilações relativas à concentração de quilómetros de rede rodoviária por cada 1000 habitantes, onde se percebe que os distritos do interior do país são os que têm valores mais elevados, nomeadamente, Beja, Portalegre e Évora. Isto acontece porque, apesar de terem menos quilómetros de estradas, o número da população é tão diminuta, em comparação com os distritos do litoral, que torna esta proporção elevada. Sendo assim, como seria de esperar, devido aos elevados níveis de densidade populacional, no extremo oposto aparecem os distritos do litoral como Lisboa, Porto e Aveiro.

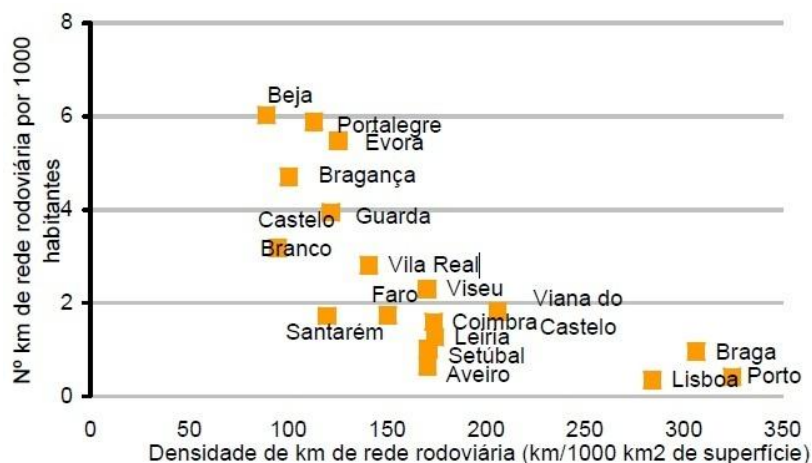


Figura 17 - Indicadores de Extensão da rede rodoviária nacional, em 2008
[Fonte: (INE, 2009)]

Em relação ao distrito, do concelho que se vai debruçar o caso de estudo da presente dissertação, Castelo Branco, verifica-se que este apresenta, em 2008, um índice de densidade de quilómetros de rede rodoviária muito baixo, próximo dos 100 km de rede rodoviária por cada 1000km², representando o segundo valor mais baixo do país. Este indicador faz antever os sérios problemas de mobilidade que existem neste distrito, com as populações e indústria com poucas alternativas de ligação ao resto do país, o que afecta tanto a capacidade de competitividade das indústrias, como a qualidade de vida da população.

4.1.2 EVOLUÇÃO DO PARQUE AUTOMÓVEL

Apesar do esforço financeiro que o *Estado* tem realizado nos últimos anos, tendo em vista o desenvolvimento dos transportes públicos, ainda não foram registadas alterações nos comportamentos de mobilidade, por parte das populações. Estas continuam a dar preferência ao transporte privado em detrimento dos transportes públicos de passageiros. Esta tendência tem levado a um elevado crescimento dos veículos ligeiros em circulação e em consequência a um trânsito caótico, principalmente nas cidades, em que o fluxo de veículos é tão grande, nas horas de ponta, que dá origem a grandes filas de trânsito e um bloqueamento completo das vias.

Estima-se que a despesa das famílias com aquisição de veículos foi, entre 1995 e 2003, cerca de 4,6 mil milhões de euros, significando esta parcela mais de 1/3 do total que as famílias despenderam em transportes (INE, 2009). Se a este valor se juntar ainda a parcela de despesa relativa ao gasto de combustíveis, a despesa familiar em transportes

torna-se uma grande parte do orçamento familiar. Para se contrariar estas tendências tem-se tomado, em grandes cidades, medidas como o aumento do preço do estacionamento ou a portagem de entrada nos centros; estas medidas devem ser conciliadas com uma frequente e consistente implementação de oferta organizada de transporte público de passageiros.

A percentagem de veículos ligeiros de passageiros e de todo-o-terreno, pertencentes ao parque automóvel em circulação em Portugal, é muito elevada, atingindo mais de 76% em 2006. E, mais uma vez, vem confirmar a utilização em massa do transporte privado em detrimento do transporte público. Segundo os últimos dados anuais da Associação do Comércio Automóvel de Portugal (ACAP) (INE, 2009), considera-se que o parque automóvel em circulação em Portugal, é constituído por ligeiros de passageiros, veículos todo-o-terreno, comerciais ligeiros, pesados de mercadorias e ainda pesados de passageiros. No total, o parque automóvel nacional apresenta aproximadamente 5,6 milhões veículos, como se pode verificar pela figura 18.

Analisando mais ao pormenor a figura 18, verifica-se que desde 1970 o parque automóvel nacional tem crescido muito rapidamente, tanto que em 1970 apresentava um número total de veículos de 555000 e em 2006 já apresentava cerca de 10 vezes mais veículos, com um valor de 5625000. Em relação à evolução do número de veículos por sector, verifica-se que os veículos ligeiros de passageiros e todo-o-terreno estão claramente em maioria, e têm apresentado um crescimento avassalador, apresentando em 2006 um número de veículos em circulação de 4290000, valor bastante próximo do total de veículos em circulação. Os veículos pesados apresentaram um crescimento considerável até ao ano de 2002, havendo depois um decrescimento moderado, atingindo em 2006 valores de 151000, por fim, os veículos comerciais ligeiros apresentaram um crescimento considerável até ao ano de 2000, e a partir daí até 2006 apresentaram um crescimento moderado, atingindo um valor de 1184000 veículos.

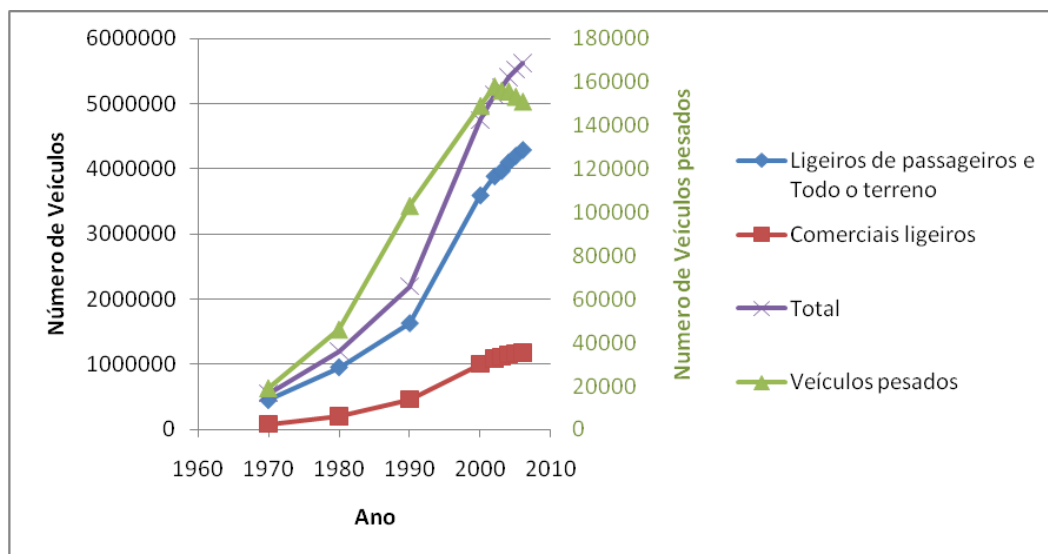


Figura 18 - Evolução do parque automóvel em circulação em Portugal desde 1970 até 2006
[Fonte: Adaptado de (INE, 2009)]

Depois de avaliada a evolução do parque automóvel em Portugal, um bom indicador das tendências de mobilidade consiste na avaliação dos veículos vendidos em território nacional ao longo dos anos. Neste sentido, observando a figura 19, referente à venda de veículos ligeiros em Portugal, percebe-se que também aqui os veículos ligeiros de passageiros são extremamente dominantes, apresentando um valor bem acima das restantes categorias de veículos. Por um lado é compreensível que esta categoria tenha valores tão elevados uma vez que, por norma, este é o tipo de veículo escolhido pelas famílias, contudo, o número tão elevado de veículos, que atinge o máximo de vendas no ano de 2001, com 255210 veículos ligeiros de passageiros vendidos, também denota a opção pelo transporte privado em detrimento do transporte público.

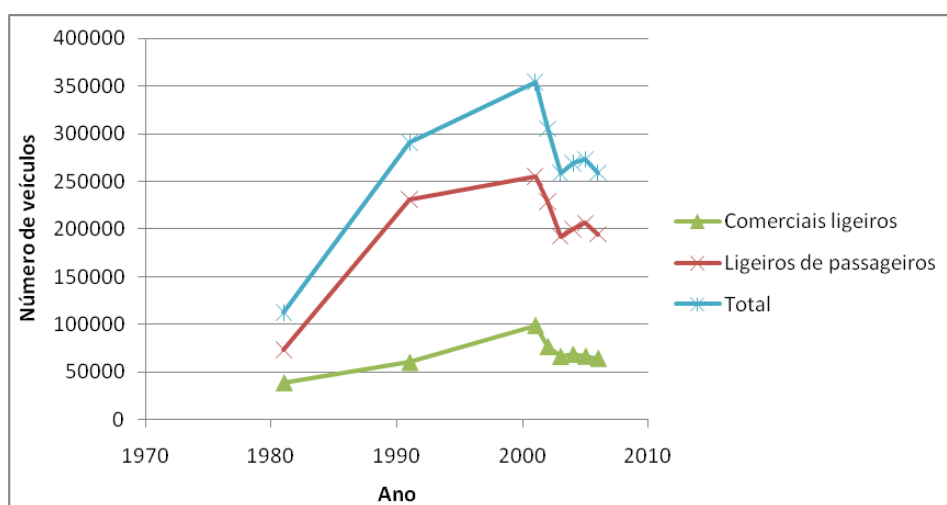


Figura 19 - Evolução da venda de veículos ligeiros em Portugal, de 1981 a 2006 [Fonte: Adaptado de (INE, 2009)]

Torna-se ainda mais perceptível esta opção pelo transporte privado, quando se analisa a venda de veículos pesados em Portugal, representada na figura 20, verificando-se uma redução do número de autocarros vendidos, nos últimos anos. Este indicador leva a crer que, desde 1981, apesar do aumento das deslocações diárias da população, não houve um acréscimo significativo da utilização dos transportes colectivos como o autocarro, pois se tal acontecesse teria de haver um aumento no número de autocarros vendidos, para responder à crescente procura, o que não aconteceu.

Logicamente que a evolução da venda de veículos pesados tem de ser analisada com mais cautela que a dos ligeiros, dada a grande durabilidade e investimento envolvido na aquisição deste tipo de veículos.

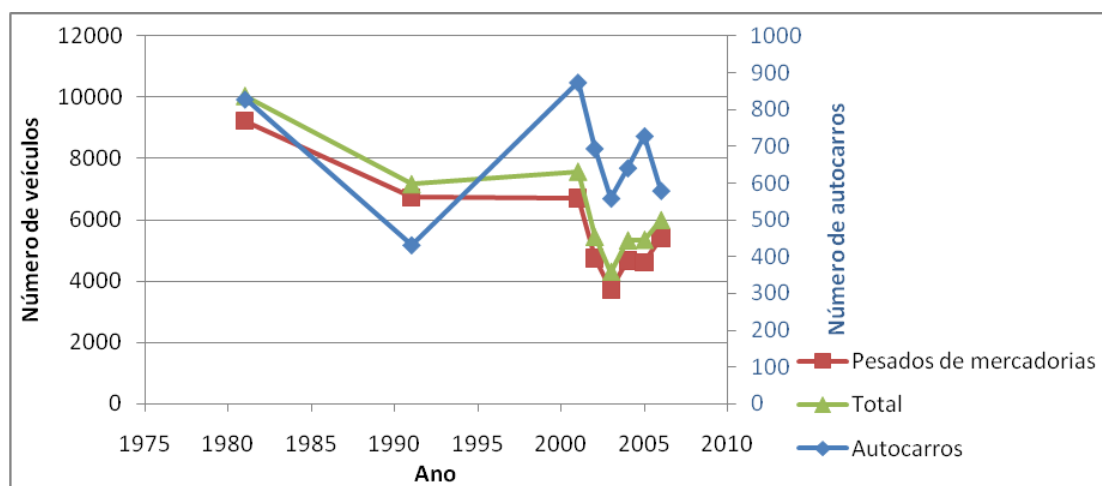


Figura 20 - Evolução da venda de veículos pesados em Portugal, de 1981 a 2006 [Fonte: Adaptado de (INE, 2009)]

Verificadas as tendências, dos transportes rodoviários ao longo dos anos, vai-se agora tentar relacionar a evolução dos veículos com a evolução das emissões de alguns dos principais poluentes originados pelos transportes rodoviários, referenciados no ponto 3.2 da presente dissertação.

Assim sendo, através da figura 21, referente à evolução das emissões de CO, COVNM, NO_x e CO₂ entre os anos de 1990 e 2006, percebe-se que as emissões de COVNM e NO_x se têm mantido relativamente constante ao longo dos anos com tendência a um pequeno acréscimo das emissões de NO_x e uma diminuição dos COVNM. O mesmo não acontece com as emissões de CO e CO₂, uma vez que o CO tem diminuído drasticamente, passando de valores próximos dos 600 000 t em 1992 para valores próximos dos 200 000 t em 2006, enquanto o CO₂ tem aumentado também drasticamente passando de valores de 10 000 kt em 1990 para valores próximos dos 20 000 kt em 2006.

Estas variações na emissão de CO e CO₂ têm como principal responsável o sector dos transportes rodoviários e estão intimamente relacionadas entre si. Isto acontece uma vez que o CO é produto das reacções de combustão incompletas, quando o combustível é parcialmente oxidado, enquanto o CO₂ é produto das reacções de combustão completas, resultando da completa oxidação do combustível pelo oxigénio atmosférico. Assim sendo, quanto mais eficiente for o motor do veículo, mais eficiente é a reacção de combustão, o que resulta numa maior emissão de CO₂ e numa diminuição das emissões de CO. Com o passar dos anos e com a entrada em vigor de legislação mais restritiva em termos de emissão de poluentes atmosféricos, nomeadamente as classes de emissão *EURO*, os veículos têm apresentado reduções muito significativas na emissão de CO. Como se pode verificar pela figura 21, a concentração de CO tem diminuído desde 1992, data que corresponde com a entrada em vigor de algumas das normas *EURO*. Em relação ao CO₂ as emissões deste poluente têm aumentado consideravelmente, muito por causa do aumento do consumo de combustível.

Esta diminuição das emissões de CO tem benefícios em termos locais, uma vez que o CO é bastante prejudicial para a saúde, enquanto o CO₂ não é um poluente perigoso para a saúde. No entanto, em termos globais, torna-se preocupante as elevadas emissões de CO₂, uma vez que este poluente é o principal causador do efeito estufa.

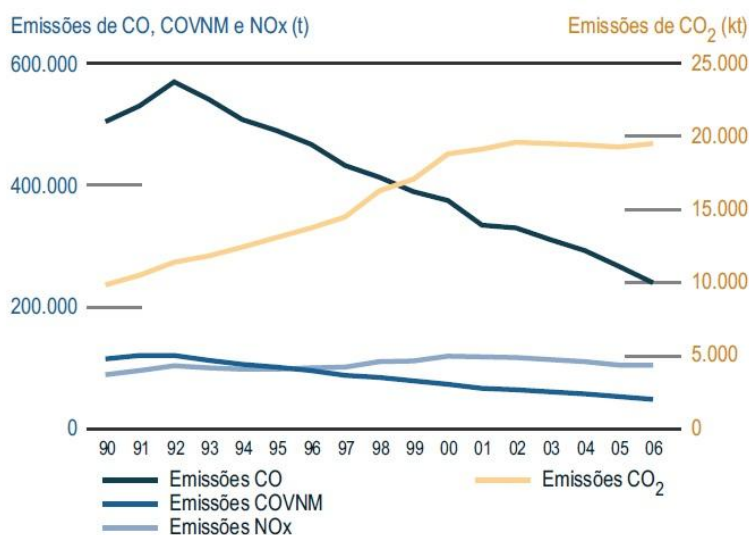


Figura 21 - Evolução das emissões de CO, COVNM, NO_x e CO₂ [Fonte: (APA, 2008)]

5 LEGISLAÇÃO RELATIVA AOS TRANSPORTES E DOCUMENTOS INSTITUCIONAIS DE REFERÊNCIA

A redução das emissões do transporte rodoviário tem uma contribuição importante para alcançar as metas e objectivos definidos a nível nacional e internacional na melhoria da qualidade do ar ambiente. Torna-se então importante contextualizar os principais documentos legais de referência, relativos à qualidade do ar, assim como os principais documentos de referência a nível nacional.

Neste sentido, no presente capítulo, será feito um breve enquadramento da política comunitária, no que diz respeito à legislação da qualidade do ar. De seguida será ainda elaborada uma breve descrição dos principais documentos de referência, a nível nacional, relacionados com os transportes e com as emissões de poluentes deste sector.

5.1 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

O quadro legal actualmente em vigor referente à avaliação e gestão da qualidade do ar, é constituído por um conjunto de diplomas legais resultantes da transposição para o direito interno de cinco directivas comunitárias.

A Directiva 1996/62/CE, de 27 de Setembro, também denominada de Directiva-Quadro da Qualidade do Ar, veio definir um novo quadro legislativo e estabelecer as linhas de orientação da política de gestão da qualidade do ar, na União Europeia. Esta Directiva foi transposta para a ordem jurídica nacional através do Decreto-Lei nº 276/99 de 23 de Junho (MATOS, 2003).

A Directiva-Quadro veio introduzir alguns princípios base, entre os quais se estabelecem objectivos de qualidade do ar ambiente na UE, que visam evitar, prevenir ou limitar efeitos nocivos sobre a saúde humana e sobre o ambiente. Este diploma estabelece ainda a necessidade de aplicação de métodos e critérios comuns, em todos os Estados Membros, no que respeita à avaliação da qualidade do ar e torna esta informação acessível a qualquer cidadão (JARDIM, 2008).

No seguimento da Directiva-Quadro surgiram as “Directivas Filhas”, que definem os valores os limites numéricos para os poluentes abrangidos na avaliação e gestão da qualidade do ar.

A primeira “Directiva Filha” entrou em vigor em 22 de Abril de 1999, é intitulada de Directiva 1999/30/CE, e limita os valores, e respectivas margens de tolerância para os poluentes NO_x , NO_2 , chumbo (Pb) e PM_{10} . Embora venham referidas, nesta directiva, tanto as PM_{10} como as $\text{PM}_{2,5}$, apenas são estabelecidos requisitos de monitorização para as partículas finas (JARDIM, 2008).

A segunda “Directiva Filha” de 16 de Novembro de 2000, intitulada de Directiva 2000/69/CE, limita os valores de emissão para o benzeno e para o monóxido de Carbono. Esta directiva foi transposta para a ordem jurídica portuguesa, juntamente com a primeira “Directiva Filha”, através do Decreto-Lei nº 111/2002 de 16 de Abril, o qual estabelece os valores limite das concentrações no ar ambiente dos poluentes abrangidos pelas directivas e define as regras de gestão de qualidade do ar a eles aplicáveis (JARDIM, 2008).

A 12 de Fevereiro de 2002, surge a terceira Directiva-Filha, intitulada de Directiva 2002/3/CE, que estabeleceu valores alvo e objectivos de longo prazo para o ozono relativos à protecção da saúde humana e ecossistemas, assim como um limiar de alerta e um limiar de informação ao público. Este documento foi transposto para a legislação nacional pelo Decreto-Lei nº 320/2003, de 20 de Dezembro (JARDIM, 2008).

Para terminar este conjunto de “Directivas-Filhas”, surge a 15 de Dezembro de 2004 a quarta Directiva-Filha 2004/107/CE, que estabelece valores alvo para as concentrações médias anuais de arsénio, cádmio, níquel e benzo(a)pireno determinados na fracção de partículas inaláveis (PM_{10}). Estabelece ainda os métodos e técnicas para avaliar as concentrações e deposição destas substâncias, de forma a uniformizar a sua amostragem e garantir a qualidade dos resultados. E incide sobre determinados metais pesados e hidrocarbonetos aromáticos presentes nas partículas em suspensão, exigindo uma recolha de amostra para posterior análise em laboratório. Esta directiva foi transposta para ao direito nacional pelo Decreto-Lei nº 351/2007 de 23 de Outubro (JARDIM, 2008).

A fim de demonstrar o forte compromisso em melhorar a qualidade do ar, a União Europeia adoptou a 21 de Maio de 2008 a Directiva 2008/50/CE, também conhecida por Directiva CAFE, que unifica num só documento a legislação que consta das três primeiras directivas filhas e a Decisão 97/101/CE, de 27 de Janeiro de 1997, que estabelece um intercâmbio de informação e de dados provenientes das redes e estações individuais que medem a poluição atmosférica nos Estados Membros (JARDIM, 2008).

5.2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Mais importante do que conhecer a legislação propriamente dita, é essencial perceber o que se tem feito, a nível nacional, em termos de transportes e de medidas para diminuir as emissões de poluentes para o ar ambiente, por este sector. Neste sentido, de seguida serão referidos e será feita uma breve explicação de alguns dos principais documentos de referência, relativos ao sector dos transportes.

5.2.1 *PROGRAMA NACIONAL DA POLÍTICA DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (PNPOT)*

O PNPOT estabelece as grandes opções com relevância para a organização do território nacional, traduzidas num modelo territorial que consubstancia o quadro de referência das políticas de ordenamento e desenvolvimento territorial. Como tal, constitui o modelo territorial de referência para o “Plano Estratégico de Transportes”, cujas directrizes este documento deverá não só respeitar como ainda contribuir para a sua viabilização (PERFORM, 2009).

5.2.2 *ESTRATÉGIA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 2015*

A Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS), e o respectivo Plano de Implementação (PIENDS), constituem um importante instrumento em termos de orientação estratégica que visa nortear o processo de desenvolvimento do País numa perspectiva de sustentabilidade, assumindo como desígnio tornar Portugal num dos países mais competitivos e atractivos da União Europeia, com um elevado nível de desenvolvimento económico, social e ambiental e de responsabilidade social (PERFORM, 2009).

Este documento estrutura-se em torno de sete objectivos que estabelecem as suas linhas de orientação estratégica, das quais se podem destacar (PERFORM, 2009):

- Crescimento Sustentável, Competitividade à Escala Global e Eficiência Energética;
- Melhor Ambiente e Valorização do Património.

Numa perspectiva mais direccionada para os transportes e acessibilidades, este documento valorizar o território criando acessos fáceis a rotas de transportes e passageiros. São definidos como objectivos estratégicos a redução dos movimentos pendulares nas grandes Áreas Metropolitanas, a experimentação de novas soluções de transporte em áreas urbanas, as inovações tecnológicas nos domínios dos combustíveis

e das motorização e as novas soluções organizativas na área dos transportes e uso colectivo (PERFORM, 2009).

O ENDS apresenta como prioridade estratégica o crescimento económico mais eficiente no uso da energia e dos recursos naturais, com menor impacto no ambiente, designadamente nas alterações climáticas (PERFORM, 2009). Recorrendo a uma mobilidade mais sustentável e uma melhoria da eficiência dos sistemas de mobilidade, de forma a reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

5.2.3 QUADRO DE REFERÊNCIA ESTRATÉGICO NACIONAL (QREN) 2007-2013

O QREN constitui o enquadramento para a aplicação da política comunitária de coesão económica e social de Portugal no período de 2007 a 2013, assumindo como principal desígnio estratégico a qualificação da população portuguesa, valorizando o conhecimento, a ciência, a tecnologia e a inovação, bem como a promoção de níveis elevados e sustentados de desenvolvimento económico, sociocultural e de qualificação territorial (PERFORM, 2009).

Este documento aposta na valorização do território, a nível das intervenções previstas para o sector dos transportes, apostando nos vectores de intervenção relacionados com o “Reforço da Conectividade Internacional, das Acessibilidades e da Mobilidade” e “Redes, Infra-estruturas e Equipamentos para a Coesão Territorial e Social” (PERFORM, 2009).

As intervenções visam melhorar as condições de mobilidade das pessoas e a competitividade das actividades económicas do país no contexto global e das regiões. Neste sentido são definidas como prioridades o reforço dos níveis de acessibilidade e mobilidade inter-regionais, designadamente a conclusão das principais ligações rodoviárias susceptíveis de contribuir significativamente para a elevação dos níveis de acessibilidade e mobilidade intra e inter-regionais e a qualificação e modernização dos transportes públicos, desenvolvendo-se uma mobilidade mais intensiva em transportes públicos, desenvolvimento e integração modal das redes de transportes colectivos (PERFORM, 2009).

5.2.4 *PROGRAMA OPERACIONAL VALORIZAÇÃO DO TERRITÓRIO (POVT) 2007-2013*

O POVT, em articulação com os Programas Operacionais Regionais, deve contribuir para a prossecução dos objectivos de natureza estratégica da Agenda Operacional Valorização do Território. Tais como, atenuar a situação periférica do país no contexto global, por via da melhoria da conectividade internacional e da integração das redes nacionais às redes transeuropeias de transportes, consolidar as redes e infra-estruturas que estruturam o território nacional, ao serviço da competitividade e da coesão, qualificar os serviços ambientais, garantindo a sua universalidade e sustentabilidade, entre outros (PERFORM, 2009).

Das políticas e medidas apresentadas pelo POVT, em relação ao sector dos transportes destacam-se (PERFORM, 2009):

- O reforço da posição de Portugal como plataforma de acesso à Europa, com destaque para a Península Ibérica, no conjunto das principais rotas marítimas e áreas;
- O aumento da atractividade territorial, nos diferentes contextos da sua inserção nacional, ibérica e europeia;
- A resolução de descontinuidades das redes de transporte no território continental, das insuficiências da organização logística e do desenvolvimento da intermodalidade;
- Uma maior sustentabilidade económica e ambiental no uso das infra-estruturas de transporte.

5.2.5 *PROGRAMA NACIONAL PARA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS (PNAC 2006)*

O PNAC é muito importante em termos ambientais, uma vez que é o primeiro programa nacional desenvolvido com o objectivo específico de controlar e reduzir as emissões de GEE, na tentativa de respeitar os compromissos nacionais, no âmbito de Protocolo e do Acordo de Partilha de Responsabilidades no seio da UE (PERFORM, 2009).

Este programa, pretende ainda antecipar os impactes das alterações climáticas e propor medidas de adaptação que visem reduzir os aspectos negativos desses impactes. Neste sentido, este programa constitui um instrumento privilegiado de combate às alterações climáticas e estabelece a primeira etapa dum longo processo, que envolve a sua regular revisão e adaptação às evoluções internacionais, comunitárias e nacionais. (PERFORM, 2009)

Das políticas e medidas apresentadas pelo PNAC 2006, em relação ao sector dos transportes destacam-se (PERFORM, 2009):

- Ampliação da frota de veículos a gás natural na CARRIS e na Sociedade de Transportes Colectivos do Porto (STCP), com uma meta para 2010 de substituição de veículos diesel por veículos a gás natural, de 50 veículos na CARRIS e de 270 veículos na STCP;

- Incentivo ao abate de veículos em fim de vida, com uma meta para 2010 de abate de 4200 veículos com mais de 10 anos, anualmente a partir de 2005;

- Directiva relativa à introdução de biocombustíveis no transporte rodoviário, com uma meta de incorporação nos combustíveis convencionais de 5,75% até 2010. Em 2007 Portugal aumentou o desafio, alterando a taxa de incorporação de biocombustíveis, nos carburantes rodoviários, de 5,75% para 10%, em 2010.

Para além destas medidas o PNAC aposta fortemente na redução das emissões de CO₂, como se pode verificar pelas metas que se seguem:

- Redução dos dias de serviço dos táxis para o máximo de seis, apresentando esta meta um potencial de redução de 3,9 Gg de CO₂e, até 2010;

- Aumento da eficiência energética do novo parque automóvel, através da revisão do regime actual de tributação sobre veículos particulares, em sede de imposto automóvel, com um potencial de redução de 7,7 Gg CO₂e, até 2010;

- Regulamentação de Gestão de Energia no Sector dos Transportes, através da redução de 5% do factor de consumo no transporte de mercadorias, com um potencial de redução de 18,1 Gg CO₂e.

5.2.6 PLANO NACIONAL DE ACÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PNAEE)

O PNAEE foi apresentado para discussão pública em Fevereiro de 2008. Este documento constata a forte intensidade energética da economia portuguesa, apesar das melhorias registadas desde 2006 (PERFORM, 2009).

As medidas apresentadas pelo PNAEE dividem-se em dois grupos, tecnológicas e comportamentais. As medidas tecnológicas no âmbito dos transportes, são divididas em três programas, *Renove carro*, *Mobilidade Urbana* e *Sistema Eficiência Transportes*. Estes programas fixam as seguintes metas (PERFORM, 2009):

- Reduzir em 20% o parque de veículos ligeiros com mais de 10 anos;
- Reduzir em mais de 20% as emissões médias de CO₂ dos veículos novos vendidos anualmente, passando de 143 g/km em 2005 para 110g/km;
- 20% do parque automóvel com equipamento de monitorização, como computador de bordo, GPS, Cruise Control, entre outros.
- Criação de plataforma inovadora de gestão de tráfego com rotas optimizadas por GPS;
- Transferência modal de 5% do transporte individual para colectivo.

Este Plano pretende alcançar uma poupança de 9,8% no consumo de energia, em 2015, que representa uma meta mais ambiciosa do que a europeia, de 8,0%. É ainda esperado que a contribuição do sector dos transportes possa atingir os 3,8% (PERFORM, 2009).

6 MODELOS PARA ESTIMAR AS EMISSÕES DO TRÁFEGO RODOVIÁRIO

Os modelos de emissões dos veículos podem ser aplicados para escalas pequenas, como para emissões de um veículo específico ou para tráfego de uma rua, ou para grandes escalas como escalas regionais, nacionais ou até mesmo globais. Como é óbvio os modelos aplicados a grandes escalas são mais complexos, sendo aplicados a partir de inventários de redes de transportes urbanos. Segundo, Samaras e Zachariadis citado em TCHEPEL 2003, todas as metodologias disponíveis para cálculo das emissões são baseadas no conceito básico que as emissões “ E ” são o resultado da multiplicação dos factores de emissão, designado por “ e ” em $[g.km^{-1}]$ ou $[g.kg^{-1}$ de combustível], pelos dados da actividade, designados por “ a ” em $[km]$ ou $[kg$ de combustível] (TCHEPEL, 2003). Sendo assim a equação básica de cálculo de emissões será:

$$E = e \times a$$

Embora o conceito básico seja sempre o referido, as várias metodologias abordam formas distintas de obter os factores de emissão, bem como os pressupostos para dados de actividades, que também são diferentes. Assim sendo segundo, Negrenti citado em TCHEPEL 2003, podem ser distinguidos alguns elementos relevantes para a caracterização das metodologias de estimativa de emissões, tais como, a resolução espacial e temporal, a composição da frota e a cinemática dos veículos.

A *resolução espacial* do modelo de emissões é um dos factores mais importantes na definição da gama de aplicação de um modelo uma vez que revela o grau de simplificação do modelo e consequentemente a capacidade deste para se adequar ao nível de descrição necessário. A *resolução espacial* torna-se essencial para seleccionar o modelo mais adequado para diferentes aplicações de avaliação ambiental. Apesar dos modelos terem gamas de aplicação definidas, a sua aplicação é bastante abrangente, embora tenha de se ter em conta que a utilização de um modelo com o nível inadequado de pormenor irá produzir maiores incertezas nos resultados da modelagem.

Apesar da maioria dos modelos de emissão não apresentarem o tempo como uma dimensão explícita, a utilização de um modelo com uma *resolução temporal* inadequado, pode produzir incertezas nos resultados da modelagem. Por isso é principalmente na entrada de dados referentes à caracterização do tráfego que se define a *resolução temporal* do modelo (DAO, 2007). As estimativas de emissão lançadas para a atmosfera

são geralmente relacionadas com algumas pesquisas específicas em que a resolução temporal dos dados é determinada em conexão com os efeitos causados pela poluição e a legislação.

A *composição da frota* automóvel é uma das informações mais relevantes dos dados utilizados pelo modelo de emissão, por isso esta informação deve ser fornecida com o maior detalhe possível. Um bom modelo deve ser capaz de representar as características da frota tendo em conta o nível de detalhe desejado e dos objectivos da modelagem. Deve ser tido em conta que os factores de emissão variam significativamente para diferentes tipos de veículos, uma inadequada representação da composição da frota do modelo de emissão pode levar a uma redução da precisão final, isto pode acontecer devido a uma inadequada aplicação dos factores de emissão (DAO, 2007). As estimativas de emissões podem ser utilizadas para investigar o efeito da qualidade do ar resultante da utilização intensiva do transporte privado em detrimento do transporte público e utilizar essas informações apoiar as decisões relativas as políticas de transportes.

Por fim, mas não menos importante, aparece a *cinemática do veículo*, sendo esta uma das principais características a serem tomadas em conta quando se reúne informação para fornecer a um modelo de emissões. Actualmente, utilizam-se principalmente duas abordagens, uma mais geral com base na velocidade média, na qual é agregada informação de diferentes padrões de condução e a outra com base na modelagem de emissões instantâneas que descrevem o comportamento das emissões em função da velocidade instantânea e aceleração dos veículos (TCHEPEL, 2003). A segunda abordagem, com base nas emissões instantâneas, seria a mais correcta em termos de resultados da modelagem, mas isso implicaria um conjunto de dados reais sobre velocidades instantâneas que não estão disponíveis para a maior parte dos casos.

6.1 TIPOS DE EMISSÕES

As emissões provenientes dos veículos a motor são, usualmente, agrupadas em três categorias, as emissões a frio, que são as emissões durante a fase inicial de aquecimento do motor térmico, as emissões a quente, que são as emissões durante a funcionamento estabilizado do motor térmico e as emissões por evaporação, que são as perdas por evaporação dos compostos orgânicos voláteis não metânicos (TCHEPEL, 2003). Tendo em conta esta distribuição, para as emissões provenientes de veículos a motor, a equação de cálculo das emissões totais dos veículos será a seguinte:

$$E_{total} = E_{frio} + E_{quente} + E_{evaporação}$$

É preciso ter em atenção que a contribuição das diferentes categorias de emissões para a quantidade total de poluentes emitidos não é linear, dependendo de vários factores.

6.1.1 EMISSÕES A FRIO

Os veículos de combustão não têm um rendimento constante, ou seja, o motor quando arranca não apresenta logo o rendimento máximo; o motor vai aumentando o rendimento até atingir o rendimento máximo para velocidades constantes. O volume de poluição produzido quando motor arranca é maior que quando quente (TCHEPEL, 2003). Isto acontece devido ao motor arrancar com uma temperatura de operação mais baixa que a normal, o que baixa a eficiência do motor, que por sua vez baixa a eficiência de queima do combustível. Como não é queimada a quantidade de combustível normal, este é emitido juntamente com os gases de escape, aumentando o volume de poluição produzida (DAO, 2007).

Um dos métodos propostos para a estimativa das emissões a frio foi desenvolvido empiricamente com base em dados compilados durante vários programas de teste europeus. Nesta metodologia apenas são abrangidos os veículos ligeiros de passageiros e de mercadorias, devido a insuficiência de dados relativos as outras categorias, contudo não há distinção entre os factores de emissão considerados para os veículos ligeiros de passageiros e mercadorias (TCHEPEL, 2003).

As emissões a frio dependem de vários factores como a velocidade média, a temperatura do ambiente e a distância percorrida. Nesta metodologia as emissões a frio são determinadas em primeiro lugar pelas condições de referência (temperatura ambiente de 20°C e a velocidade média de 20 km.h⁻¹) e, posteriormente, corrigido para as condições reais (TCHEPEL, 2003). Inicialmente a quantidade excessiva de emissões estimadas para os motores em funcionamento a frio é distribuída por uma certa distância, enquanto o motor não atinge a temperatura de funcionamento normal, esta distancia a frio varia de acordo com o tipo de veículo e poluente.

6.1.2 EMISSÕES A QUENTE

As emissões a quente tal como as emissões a frio são produzidas na combustão e ventiladas através do tubo de escape; estas emissões são a fonte de emissão mais

importante no que diz respeito à quantidade de poluentes. O motor é definido como *quente* quando a temperatura da água está acima de 70°C; estando o motor quente, as emissões encontram-se termicamente estabilizadas, sendo então consideradas *emissões a quente*. Segundo Ntziachristos & Samaras, citado em TCHEPEL, 2003, estas emissões dependem de vários factores entre os quais, o tipo de veículo, a tecnologia, o tamanho e peso do motor, as condições de condução do veículo, a velocidade e a distância percorrida.

Analisando mais detalhadamente alguns dos factores que influenciam as emissões a quente, os tipos de veículos surgem como uma das principais características que afectam a estimativa de emissões, uma vez que dentro desta característica se distinguem elementos essenciais como a categoria de veículo, se é ligeiro de passageiros, ligeiro de mercadorias, pesado de mercadorias, pesado de passageiros ou motociclo; a tecnologia do veículo, se é convencional, com catalisadores, a injeção directa, entre outros; e ainda a capacidade do motor no caso dos veículos de passageiros ou o peso de carga nos veículos pesados (TCHEPEL, 2003).

A velocidade dos veículos surge também como um dos principais parâmetros a ter em conta uma vez que a maioria dos poluentes e factores de emissão são expressos em termos de velocidade do veículo, existindo ainda poluentes, como o CO₂, o SO₂ ou os metais pesados, onde a taxa de emissão é calculada com base no consumo de combustível, sendo a velocidade do veículo considerada indirectamente (DAO, 2007).

A carga do veículo é um factor muito variável, mas muito importante uma vez que quanto maior for a carga do veículo maior o esforço do motor, consequentemente mais combustível vai consumir e maior quantidade de emissões vai libertar. Nos programas de emissões, por norma, a carga dos veículos de ligeiros e pesados de passageiros é estimada através de uma média, sem apresentar factores de correcção (TCHEPEL, 2003). Já para os veículos pesados de mercadorias, onde a carga apresenta uma influência significativa, existem factores de correcção determinados.

A quilometragem geralmente não é significativa para os veículos convencionais, uma vez que se os níveis de emissão estiverem fora da gama de valores aceitáveis podem ser ajustados ou reparados. Este parâmetro pode ter mais influência para os veículos com catalisador uma vez que o catalisador se vai deteriorando com a quilometragem, aumentando a quantidade de emissões. No entanto, o que acontece em todas as categorias, é que os factores de emissão para as diversas categorias têm valores médios de quilometragens implícitos, o que evita, em casos normais, ter mais dados de entrada tão específicos como a quilometragem. Contudo, se a quilometragem dos veículos variar

significativamente dos valores médios, esta deve ser considerada, constando nos dados de entrada do programa (TCHEPEL, 2003).

A inclinação da estrada, apesar de não ser considerada em grande parte dos modelos de cálculo de emissões como é o caso do modelo Transport Emission Model for Line Sources (TREM) utilizado no âmbito desta dissertação, é um parâmetro a ter em conta uma vez que a inclinação da estrada aumenta ou diminui o esforço do motor e consequentemente aumenta ou diminui o consumo de combustível e a quantidade de emissões. Segundo, Hassel e Weber, citado em TCHEPEL, 2003, mesmo em aplicações a larga escala, não pode ser assumido que o acréscimo das emissões produzidas durante as subidas é compensado pela redução das emissões em descidas (TCHEPEL, 2003).

Por fim, a temperatura ambiente, apesar de não ser um factor muito significativo no que diz respeito às emissões de gases de escape, podem ser utilizados factores de correcção para melhorar as estimativas dos modelos mais precisos, especialmente para temperaturas ambiente mais baixas.

6.1.3 EMISSÕES POR EVAPORAÇÃO

As emissões evaporativas, ao contrário do que se pode pensar, têm um peso importante nas emissões de um veículo. Estas são resultado da volatilidade do combustível combinado com as variações de temperatura ambiente e são relevantes apenas para os COVNM (TCHEPEL, 2003).

Este tipo de emissões depende de vários factores, sendo alguns dos mais importantes, a tecnologia do veículo, se é equipado ou não com caixas de carbono, a temperatura ambiente e a sua variação diária, a volatilidade da gasolina e as condições de condução, ou seja, a duração da viagem, o tempo de estacionamento, etc.

As perdas por evaporação ocorrem principalmente por duas formas, a primeira está associada à variação diurna da temperatura ambiente e resultam da expansão do vapor dentro do tanque de gasolina devido ao aumento da temperatura ambiente durante o dia. À noite, quando a temperatura desce, a mistura de vapor e ar fresco é arrastada para o tanque de gasolina, o que diminui a concentração de hidrocarbonetos no espaço de vapor acima do líquido de gasolina, que, posteriormente, leva a uma evaporação adicional. (TCHEPEL, 2003) A segunda forma de emissão por evaporação acontece quando um motor quente está desligado e então o calor do motor e sistema de escape

aumenta a temperatura do combustível no sistema, que já não está em circulação, e consequentemente dá origem a emissões.

6.1.4 MATERIAL PARTICULADO NÃO PROVENIENTE DAS EMISSÕES DE ESCAPE

As emissões de material particulado atribuídas aos transportes não estão unicamente relacionadas com as emissões de escape dos veículos. Existem outras fontes como o desgaste dos calços dos travões, o desgaste dos pneus e ainda a ressuspensão de material solto na superfície do solo (TCHEPEL, 2003).

Uma vez que vários estudos de campo constataram que as vias públicas e rodoviárias, podem ser uma importante fonte de material particulado para a atmosfera, surge a necessidade da deliberação de todas as fontes de emissão em causa.

A quantificação das emissões de material particulado não provenientes de emissões de escape tem sido alvo de uma atenção crescente por parte da comunidade científica, sendo cada vez mais importante na tomada de decisão. Este facto está intimamente relacionado com as novas directivas europeias de qualidade do ar, que determinam o limite de concentração de PM_{10} no ar ambiente, aumentando a necessidade da deliberação de todas as fontes de emissão em causa (TCHEPEL, 2003).

A quantificação das emissões de material particulado não provenientes das emissões de escape não está satisfatoriamente resolvida, pelo que se tem de desenvolver um esforço adicional a fim de melhorar as informações e metodologias existentes.

6.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS

Os modelos mais utilizados para estimar as emissões do tráfego rodoviário são os modelos de velocidade média e modelos de emissão instantânea. Existirem ainda mais dois tipos de modelos, os modelos de situações de tráfego e modelos de regressões multi-lineares, embora estes últimos são sejam analisados no decorrer da presente dissertação (SILVA, 2009).

Nos modelos de velocidade média os factores de emissão são determinados a partir de medições para vários veículos com a mesma tecnologia (tipo de motor, ano de fabrico, padrão de emissão) e cilindrada, fazendo vários testes para diferentes padrões de condução (TCHEPEL, 2003). A correlação entre a velocidade média e os factores de emissão é definida de modo a proporcionar um conjunto de funções empíricas para todas as classes de veículos e de poluentes.

Neste tipo de modelo, é possível criar uma abordagem global, baseada nas taxas de emissão geradas por vários padrões de condução, por exemplo, auto-estrada, circuito urbano e circuito rural, e na agregação de classes de veículos, que permite estabelecer factores de emissões para composições de frota média (TCHEPEL, 2003). Devido a esta facilidade de agregação de informação, de forma a facilitar o tratamento dos dados de entrada, este tipo de modelo tem grande aplicação para inventários regionais e nacionais. Segundo referiu Pischinger, citado em TCHEPEL, 2003, por vezes o uso da velocidade média para caracterizar os níveis de emissão de veículos não é suficiente, surgindo a necessidade de descrever melhor a dinâmica de condução utilizada (TCHEPEL, 2003). A velocidade média em si, não dá resposta ao grande número de padrões de condução possíveis, pois, velocidades médias mais ou menos iguais podem ter padrões de condução totalmente diferentes, e portanto, quantidade de emissões significativamente diferentes.

É neste contexto, que os modelos de emissão instantânea ganham relevância, pois têm em conta a cinemática dos veículos, através de parâmetros detalhados, como a velocidade e a aceleração instantânea. As funções de emissão são definidas como matrizes bidimensionais, com as linhas a representarem intervalos de velocidade e as colunas intervalos de aceleração ou aceleração vezes velocidade (TCHEPEL, 2003).

Este tipo de modelo tenta calcular a taxa de emissão de cada combinação instantânea de velocidade e aceleração, tendo por norma uma escala temporal de mais ou menos um segundo, ou seja, calcula uma taxa de emissão diferente a cada segundo. Para calcular as emissões médias de um percurso, os factores de emissão instantâneos são processados por meios estatísticos, a fim de obter valores representativos do padrão de condução real.

Apesar dos modelos de emissão instantânea serem mais exactos, uma vez que utilizam informação mais detalhada dos padrões de condução, os modelos de velocidade média são os mais utilizados, porque na maioria dos casos não está disponível informação tão pormenorizada sobre os padrões de condução, sendo também complicado aplicar este tipo de modelos a grandes escalas.

6.3 EXEMPLOS DE MODELOS DE EMISSÃO

Actualmente está disponível um grande número de modelos para quantificação das emissões do tráfego rodoviário, sendo projectados para diferentes fins e utilizando

diferentes abordagens. No entanto, alguns deles são mais frequentemente utilizados e referidos, como por exemplo os seguintes:

- *COPERT*;
- *Handbook Emission Factors for Road Transport*;
- *MOBILE*;
- *TREM*.

Os três primeiros modelos, *COPERT*, *Handbook Emission Factors for Road Transport* e *MOBILE*, são expostos uma vez que são modelos frequentemente utilizados e referidos em diversos estudos, enquanto que o quarto, *TREM*, vai ser a base dos cálculos nesta dissertação uma vez que se trata de um modelo para quantificação das emissões do tráfego rodoviário desenvolvido no Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro. Entendeu-se que seria mais interessante utilizar um modelo desenvolvido no departamento, a fim de dar utilidade e continuidade ao trabalho de investigação que se tem desenvolvido. Durante a utilização do modelo, tentar-se-á dar um contributo positivo, para o seu desenvolvimento, no que diz respeito à actualização de factores de emissão dos veículos pesados de passageiros, uma vez que o *TREM* foi criado com base nos veículos ligeiros e poderá apresentar algumas lacunas a nível dos pesados de passageiros, e ainda apresentar sugestões de melhoria para que o modelo possa também beneficiar do envolvimento nesta dissertação.

6.3.1 *COPERT*

O *COPERT* é um programa para cálculo das emissões de poluentes atmosféricos provenientes dos transportes rodoviários. Foi criado em 1989 com uma versão inicial intitulada de *COPERT 85*; depois desta, foram surgindo várias versões: em 1993 o *COPERT 90*, em 1997 o *COPERT II*, em 1999 o *COPERT III* e finalmente em Novembro de 2006 surge a versão *COPERT 4* (LAT, 2007c). Esta última versão sofreu várias actualizações encontrando-se disponível desde Março de 2010 a versão 7.1, a mais actual do programa. Esta versão inclui todas as tecnologias de veículos, até Euro 6 para passageiros, Euro VI para veículos pesados e Euro 3 para motociclos.

A evolução técnica do *COPERT* é financiada pela Agência Europeia do Ambiente (AEA), no âmbito das actividades do Centro Temático Europeu sobre Ar e Alterações Climáticas. Desde 2007, a coordenação do desenvolvimento científico do modelo está a cargo do Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia (LAT, 2007c). Embora o *COPERT*

tenha sido desenvolvido com o intuito de ser utilizado por peritos nacionais para estimar as emissões do transporte rodoviário, informação esta que irá constar em diversos estudos e anuários internacionais, este tem desenvolvido uma função muito mais abrangente, estando disponível e de uso livre para qualquer outra pesquisa, aplicações científicas e académicas.

O modelo *COPERT* estima as emissões de um grupo alargado de poluentes atmosféricos (CO , NO_x , COV , PM , NH_3 , SO_2 e metais pesados), bem como os principais gases com efeito estufa (CO_2 , N_2O , CH_4), produzidos por diferentes categorias de veículos (ligeiros de passageiros, ligeiros de mercadorias, pesados de passageiros, pesados de mercadorias, ciclomotores e motociclos) (LAT, 2007b). O modelo distingue as emissões estimadas em três fontes diferentes (LAT, 2007b):

- Emissões a frio ou emissões de arranque, que são as emissões produzidas durante o arranque do motor à temperatura ambiente;
- Emissões a quente, que são as emissões produzidas durante o funcionamento do motor térmico estabilizado;
- Compostos Orgânicos Voláteis não Metano, devido à evaporação de combustível.

O modelo é baseado numa aproximação da velocidade média e considera os factores de emissão de forma agregada por três modos de condução:

- Urbana, com velocidades médias na gama dos 10 a 50 km.h⁻¹;
- Rural, com velocidades médias na gama dos 40 a 80 km.h⁻¹;
- Auto-estrada, com velocidades médias na gama dos 70 a 130 km.h⁻¹;

Sendo assim, as emissões totais são calculadas como um produto dos dados da actividade prevista pelo utilizador e os factores de emissão, em função da velocidade calculada pelo modelo.

Para terminar, convém referir que de todos os modelos abordados nesta dissertação, o *COPERT* é o mais utilizado em vários âmbitos, e com provas dadas a vários níveis, tendo já sido utilizado para cálculo das emissões de poluentes atmosféricos provenientes dos transportes rodoviários, em vários projectos de grande escala europeia, como por exemplo, o projecto *MEET* (Methodologies to Estimate Emissions from Transport), projecto patrocinado no 4º Programa-Quadro da Comissão Europeia (1996-1998), a acção *COST 319* sobre a estimativa das emissões de transporte (1993-1998) e mais recentemente no projecto *PARTICULATES*, de caracterização da emissão de partículas pelas emissões de escape, de veículos rodoviários, enquadrado no 5º Programa-Quadro da Comissão Europeia (2000-2003) e no projecto *ARTIMIS* (Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems) também no âmbito do 5º Programa-

Quadro da Comissão Europeia (2000-2007) (LAT, 2007a). Estes são apenas alguns exemplos, entre muitos outros, de projectos a grande escala em que o modelo *COPERT* foi utilizado.

6.3.2 *HANDBOOK EMISSION FACTORS FOR ROAD TRANSPORT*

O *Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA)*, designado em português por Guia de Factores de Emissão para Transportes Rodoviários, foi originalmente desenvolvido para a protecção ambiental da Alemanha, Suíça e Áustria, sendo posteriormente incluídos outros países como a Suécia, Noruega e França, para além da protecção ambiental dos países, o modelo é também utilizado pelo Centro de Investigação da Comissão Europeia.

A primeira versão do *HBEFA* foi publicada em Dezembro de 1995, intitulada de *HBEFA 1.1*, sendo posteriormente actualizado para o *HBEFA 1.2*, em Janeiro de 1999. Mais recentemente, em Fevereiro de 2004, surge a versão *HBEFA 2.1* e finalmente, em Janeiro de 2010, aparece a versão mais recente do programa, com o *HBEFA 3.1* (GUT, 2010).

O modelo *HBEFA* fornece factores de emissão, ou seja, a emissão específica em g.km^{-1} , para todas as categorias de veículos, veículos ligeiros de passageiros, veículos ligeiros de mercadorias, veículos pesados, autocarros urbanos, autocarros e motociclos, cada uma dividida em diferentes categorias, para abranger uma maior variedade de situações de tráfego. Estão incluídos no modelo, todos os principais poluentes regulamentados, assim como os principais poluentes não regulamentados e o consumo de combustível (GUT, 2010).

O modelo fornece factores de emissão para vários componentes, como, CO, NO_x, PM, Hidrocarbonetos em geral, e para alguns em particular como o CH₄, hidrocarbonetos não metânicos, benzeno, tolueno e xileno. O modelo fornece ainda factores de emissão para o consumo de combustível, para veículos a gasolina ou gasóleo, CO₂, NH₃ e N₂O. Na versão mais recente do modelo, *HBEFA 3.1*, foram ainda incluídos os factores de emissão para NO₂ e PM para veículos a gasolina (HAUSBERGER, 2009).

Relativamente aos vários tipos de emissões, emissões a quente, emissões a frio e emissões por evaporação, a forma como os factores de emissão são atribuídos vai depender de diferentes factores. Os factores de emissão a quente são dados para várias situações de tráfego, adoptadas para o esquema desenvolvido no projecto *ARTEMIS*, em que os factores são fornecidos para diferentes classes de declive, 0%, 2%, 4% e 6%

(HAUSBERGER, 2009). Enquanto os factores de emissão a frio e os factores de emissão por evaporação são baseados em distribuições de temperatura típicas e parâmetros comportamentais, como as distribuições de comprimento de viagem e distribuições de tempo de estacionamento.

O modelo fornece os factores de emissão desejados, quer por factores de emissão ponderados, (por categoria de veículo), ou como factores de emissão por conceito (por exemplo, veículos de passageiros convencionais, veículos de passageiros com catalisador, veículos de passageiros a diesel, etc), ou por tipo de combustível (gasolina, diesel) ou ainda por capacidade do motor (cilindrada maior que 1.4, cilindrada maior que 2.0, etc) (HAUSBERGER, 2009).

Definidos os parâmetros de entrada, estes são armazenados com um nome especificado pelo utilizador, e o modelo calcula os factores de emissão desejados. Os resultados obtidos podem ser exportados para o Excel, ou, no caso de se utilizar a versão completa de MS Access, tem-se acesso directo a base de dados de resultados para posterior processamento dos factores de emissão (GUT, 2010).

6.3.3 *MOBILE*

O modelo *MOBILE* foi desenvolvido, no final de 1970, pela Agência de Protecção do Ambiente dos Estados Unidos (US Environmental Protection Agency), para calcular as emissões actuais e futuras a nível nacional e local. Este modelo é referido nesta dissertação uma vez que para além de ser um modelo muito utilizado para cálculo das emissões rodoviárias, é um modelo desenvolvido nos Estados Unidos, ao contrário de todos os outros até agora foram referidos, desenvolvidos na Europa (U.S.EPA, 2004).

A primeira versão do modelo foi desenvolvida em 1978 e era intitulada de *MOBILE 1*; desde então o modelo tem sido actualizado periodicamente para reflectir a melhoria dos dados, as alterações das tecnologias dos veículos, as alterações do motor e das tecnologias de redução de emissões, as mudanças na legislação aplicada, bem como as normas de emissão e procedimentos de ensaio. Neste sentido o modelo sofreu várias actualizações, sendo a versão mais recente lançada no final de 2004, intitulada de *MOBILE 6.2* (U.S.EPA, 2004).

O modelo fornece estimativas para vários poluentes como, hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de azoto, partículas de escape, partículas em suspensão devido ao desgaste dos pneus, partículas provenientes do desgaste dos calços dos travões, dióxido de enxofre, amónia, dióxido de carbono, entre outros (U.S.EPA, 2004). O modelo utiliza

factores de emissão para veículos a gasolina, diesel e ainda para veículos com novas tecnologias como os veículos a gás natural ou veículos eléctricos.

Na versão mais recente do modelo, *MOBILE* 6.2, são calculados factores de emissão para 28 tipos de veículos, em regiões de alta e baixa altitude nos Estados Unidos. As estimativas dos factores de emissão dependem de vários factores, como, a temperatura ambiente, a velocidade, os tipos de condução, a volatilidade do combustível e as taxas de acumulação (U.S.EPA, 2004).

Os resultados obtidos pelo modelo são utilizados para tomar decisões sobre a política da poluição atmosférica e também para casos mais específicos a nível local, estadual e nacional. Estes resultados são ainda utilizados responder ao plano federal Americano “Clean Air Act's”, aos requisitos de conformidade dos transportes e ainda para responder às exigências do “National Environmental Protection Act” (NEPA) (U.S.EPA, 2004).

De salientar que os factores de emissão utilizados pelo modelo *MOBILE* são definidos para frotas típicas dos Estados Unidos, pelo que podem não ser representativo das condições Europeias.

6.3.4 *TREM*

O modelo de emissões de transportes para fontes em linha *TREM* foi desenvolvido com o principal objectivo de estimar as emissões do tráfego rodoviário, recorrendo a uma alta resolução temporal e espacial, com o intuito de ser utilizado como uma ferramenta na gestão da qualidade do ar urbano.

O modelo fornece dados referentes às emissões dos transportes rodoviários, estes dados podem ser utilizados por várias entidades e com vários intuitos, por exemplo, são uma importante contribuição para os modelos de dispersão e fotoquímicos, para a análise dos efeitos das emissões na saúde, para estudos de impacte, para a gestão da qualidade do ar, entre outros (TCHEPEL, 2003). As funcionalidades do modelo não se ficam pela estimativa das emissões dos transportes rodoviários, o modelo consegue ainda calcular o consumo de combustível e a energia utilizada em diferentes tipos de aplicações, como por exemplo, análises do ciclo de vida.

O modelo *TREM* descreve as emissões dos veículos com base na velocidade média aproximada, proposta pelos projectos *MEET/COST319*, esta aproximação considera informação agregada de vários padrões de condução, onde o padrão de condução é representado pela velocidade média (TCHEPEL, 2003). Os factores de emissão propostos pela metodologia foram obtidos a partir dos dados colectados durante

inúmeras experiências europeias, tendo por base as curvas de melhor ajuste, que correlacionam as emissões medidas com a velocidade. É preciso ter em conta que esta metodologia é recomendada para velocidades médias acima dos 10 km/h e para aplicações em que a cinemática do veículo não é relevante (TCHEPEL, 2003).

Para se construir um modelo consistente, a metodologia original foi adaptada tendo em consideração a entrada dos dados disponíveis e a finalidade do uso dos resultados da modelagem. Estas considerações influenciam o nível de detalhe para a classificação dos veículos, bem como a resolução espacial da entrada e saída de informação.

O modelo *TREM* considera as estradas como fontes em linha, onde as emissões são estimadas individualmente para cada segmento rodoviário. A fim de facilitar o processamento dos dados geográficos e melhorar a conversão dos dados de emissões resultantes para o formato exigido pelos modelos de qualidade do ar, o modelo está ligado ao sistema de informação geográfico ArcView (TCHEPEL, 2003).

Tendo em vista a produção de uma estimativa da massa de poluentes emitidos pelos veículos, o modelo utiliza duas etapas: i) determinação dos factores de emissão para cada tipo de veículo; ii) estimação da quantidade de emissões para cada troço de estrada, com base nos factores de emissão e na frequência de transporte.

Na versão actual do modelo *TREM*, que foi a utilizada nesta dissertação, o algoritmo de cálculo é aplicado para os seguintes poluentes (TCHEPEL, 2003):

- CO;
- NO_x, dado com NO₂ equivalente;
- COV, incluindo o metano;
- CO₂;
- SO₂;
- PM₁₀;

6.3.4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS

A taxa de emissão dos veículos depende significativamente da sua massa, da cilindrada, da tecnologia de redução de emissões, entre outros parâmetros. Por esta razão, é necessária uma junção adequada de veículos por categorias, a fim de fornecer uma estimativa exacta das emissões de poluentes.

A classificação dos veículos, no *TREM*, foi realizada a fim de satisfazer principalmente dois critérios, sendo eles, manter o nível de pormenor da metodologia original e possibilitar a aplicação do modelo, quando não for possível efectuar uma caracterização

detalhada dos veículos. O segundo critério é relevante porque, em muitos casos apenas é conhecido o número total de veículos para cada troço, sem especificação da sua idade ou tecnologia. Os dados dos veículos, que circulam num determinado troço, são habitualmente fornecidos por sistemas automáticos de pontos de contagem na estrada; os modelos de transporte que poderiam fornecer as informações necessárias, sobre o fluxo de veículos, não fazem distinção entre diferentes classes de veículos. No caso de ausência desta informação, pode-se cruzar os dados relativos à contagem de tráfego disponíveis com informação estatística que descreva a tipologia de veículos, por unidade administrativa.

No modelo *TREM*, os veículos são distribuídos em nove categorias, sendo elas (TCHEPEL, 2003):

1. Veículos de passageiros a gasolina;
2. Veículos de passageiros a diesel;
3. Veículos de passageiros a GPL;
4. Veículos ligeiros de mercadorias a gasolina;
5. Veículos ligeiros de mercadorias a diesel;
6. Veículos pesados de mercadorias a diesel;
7. Autocarros urbanos e autocarros extra-urbanos;
8. Motociclos;
9. Veículos com novas tecnologias.

As diferentes categorias acima enunciadas, são ainda divididas em 103 classes, para um maior detalhe da classificação de veículos implementada. No *TREM* cada classe de veículos é identificada com o parâmetro K, variando de K1 a K103 (TCHEPEL, 2003). Para uma correcta classificação dos veículos é ainda apresentada uma indicação sobre a data das normas de emissões implementadas relacionadas com a idade dos veículos. Esta informação é essencial para uma correcta classificação dos veículos, uma vez que as suas emissões variam substancialmente com alteração destes parâmetros.

Na Anexo A pode observar-se as datas de aplicação das normas de emissão, estas normas são muito importantes para a utilização do *TREM*, uma vez que permite enquadrar os veículos nas diferentes classificações (*convencional*, *EURO 1*, *EURO 2*,...), através do ano e da categoria do veículo, e com isso ter acesso a informações do seus factores de emissão. A informação desta tabela vai ser importante para a compreensão das tabelas seguintes, uma vez que ao perceber que as diferentes classificações (*convencional*, *EURO 1*, *EURO 2*,...), têm uma ordem temporal associada, percebe-se que as normas associadas a cada classificação são cada vez mais apertadas em termos

de emissões (TCHEPEL, 2003). Por estas razões, os veículos mais recentes, classificados com a nomenclatura *EURO*, vão apresentar menores emissões.

De seguida será efectuada uma pequena descrição das características específicas, de cada uma das categorias de veículos apresentada no *TREM*.

6.3.4.1.1 Veículos de passageiros

Os veículos de passageiros são definidos como veículos de peso não superior a 2,5 toneladas, utilizado para transporte de passageiros. Estes são classificados de acordo com (TCHEPEL, 2003):

- Tipo de combustível, que pode ser gasolina, diesel ou GPL;
- Cilindrada do veículo ($\text{cm}^3 < 1,4$; $1,4 < \text{cm}^3 < 2,0$; $\text{cm}^3 > 2,0$);
- Tecnologia de redução de emissões.

A tabela do anexo B.1 apresenta uma classificação dos veículos de passageiros, reflectindo o progresso da legislação no que diz respeito à redução de emissões. Nesta tabela são apresentadas, desde a classe K1 até a K41.

6.3.4.1.2 Veículos ligeiros de mercadorias

São definidos como veículos ligeiros de mercadorias, os veículos utilizados para o transporte de mercadorias com um peso máximo não superior a 3,5 toneladas. Estes são classificados de acordo com (TCHEPEL, 2003):

- Tipo de combustível, que pode ser gasolina ou diesel;
- Tecnologia de redução de emissões.

A tabela do anexo B.2 apresenta uma classificação dos veículos ligeiros de mercadorias, reflectindo o progresso da legislação no que diz respeito à redução de emissões. Nesta tabela são apresentadas, desde a classe K42 até a K51.

6.3.4.1.3 Veículos pesados de mercadorias

Os veículos pesados de mercadorias são veículos utilizados para o transporte de mercadorias, com um peso mínimo superior a 3,5 toneladas. Estes são classificados de acordo com (TCHEPEL, 2003):

- O peso do veículo (Peso $< 7,5$ t; $7,5 \text{ t} < \text{Peso} < 16$ t; $16 \text{ t} < \text{Peso} < 32$ t; $\text{Peso} > 32$ t)
- Tecnologia de redução de emissões.

A tabela do anexo B.3 apresenta uma classificação dos veículos pesados de mercadorias, reflectindo o progresso da legislação no que diz respeito à redução de emissões. Nesta tabela são apresentadas, desde a classe K52 até a K75.

6.3.4.1.4 Autocarros urbanos e autocarros extra-urbanos

Os autocarros urbanos e extra-urbanos são veículos utilizados para o transporte de passageiros, com mais de oito lugares para além do condutor. Na categoria de autocarros urbanos entende-se por autocarros que efectuem o circuito urbano, ou seja, que circulem dentro de uma cidade, enquanto os autocarros extra-urbanos são aqueles que realizam o seu circuito fora da cidade, quer seja entre localidades ou cidades. Estes são classificados de acordo com (TCHEPEL, 2003):

- Tipo de autocarro (Urbano ou extra-urbano);
- Tecnologia de redução de emissões.

A tabela do anexo B.4 apresenta uma classificação dos autocarros urbanos e autocarros extra-urbanos, reflectindo o progresso da legislação no que diz respeito à redução de emissões. Nesta tabela são apresentadas, desde a classe K76 até a K87.

6.3.4.1.5 Motociclos

Os motociclos são definidos como veículos a motor com menos de quatro rodas. Estes são classificados de acordo com (TCHEPEL, 2003):

- Tipo de motociclo (Ciclomotores, motociclos a dois tempos, motociclos a quatro tempos);
- Cilindrada do motor, apenas no caso dos motociclos a quatro tempos ($\text{cm}^3 < 250$ cm^3 ; $250 < \text{cm}^3 < 750 \text{ cm}^3$; $\text{cm}^3 > 750 \text{ cm}^3$);
- Tecnologia de redução de emissões.

A tabela do anexo B.5 apresenta uma classificação dos motociclos, reflectindo o progresso da legislação no que diz respeito à redução de emissões. Nesta tabela são apresentadas, desde a classe K88 até a K96.

6.3.4.1.6 Veículos com novas tecnologias

Os veículos com novas tecnologias são aqueles que utilizam tecnologia alternativa aos motores de combustão convencionais. Dentro da categoria de veículos com novas tecnologias, o modelo *TREM* vai considerar a tecnologia de veículos eléctricos para os veículos de passageiros e os ligeiros de mercadorias, a tecnologia de veículos híbridos

eléctricos também para os veículos de passageiros e ligeiros de mercadorias e por fim a tecnologia veículos a Fuel Cell, na notação inglesa, para veículos de passageiros, ligeiros de mercadorias e autocarros urbanos (TCHEPEL, 2003). Na sua classificação o programa vai ter em conta apenas a tecnologia e o tipo de veículo.

A tabela do anexo B.6 apresenta uma classificação dos veículos com novas tecnologias, reflectindo a redução de emissões associada a cada tecnologia. Nesta tabela são apresentadas, desde a classe K97 até a K103.

7 METODOLOGIAS DE CÁLCULO DE EMISSÕES

Um dos objectivos da presente dissertação passa por calcular as emissões provenientes dos transportes pesados de passageiros responsáveis pelo transporte público de passageiros no concelho do Fundão. Para cumprir este objectivo, inicialmente estava previsto utilizar o modelo *TREM*, referido no ponto 6.3.4, para o cálculo das emissões, contudo, ao iniciar a utilização do referido modelo para calcular as emissões dos veículos pesados de passageiros percebeu-se que havia um problema com a formulação das equações referentes a este tipo de veículos. O erro detectado baseava-se no facto de todas as categorias de veículos pesados de passageiros serem encaminhadas para a mesma equação de emissão, o que fazia com que as emissões dos veículos de diferentes categorias dessem resultados iguais. Este lapso pode ter passado despercebido aos criadores do mesmo, uma vez que este foi desenvolvido com o intuito de calcular as emissões para veículos ligeiros de passageiros, pelo que as equações referentes aos veículos pesados de passageiros podem não ter sido testadas.

De forma a superar este contratempo, surgiu a necessidade de se criar uma ferramenta que permitisse calcular as emissões e o consumo de combustível dos veículos pesados de passageiros. Neste sentido, foram desenvolvidas duas formas de calcular as emissões de poluentes e o consumo de combustível para este tipo de veículos, sendo uma delas mais simples, recorrendo a uma folha de cálculo em Excel e outra mais elaborada, um modelo em Fortran. As duas formas de cálculo assentam na mesma metodologia, e obtêm resultados exactamente iguais, tendo sido desenvolvidas estas duas alternativas com o intuito de que, dependendo dos interesses do utilizador, se possa escolher a alternativa mais adequada. Isto acontece uma vez que a folha de cálculo em Excel apesar de ter uma utilização mais complexa, permite ao utilizador ter uma vista geral sobre as emissões de todas as categorias de veículos e desta forma poder efectuar uma análise comparativa. Já o modelo em Fortran, vai apresentar duas versões, a primeira com uma interface mais intuitiva, facilitando desta forma a utilização por qualquer tipo de utilizador; contudo os dados de entrada têm de ser inseridos individualmente, a semelhança do que acontece com a folha de cálculo em Excel, e os resultados são referentes apenas às características de entrada inseridas, ou seja, apenas apresentará as emissões referentes à categoria seleccionada, perdendo-se assim a capacidade de comparação entre categorias, em relação à folha de cálculo em Excel, embora se ganhe em termos de facilidade de utilização.

Já a segunda versão do modelo em Fortran, é algo mais elaborada. Apesar da metodologia de cálculo ser a mesma, esta segunda versão baseia-se numa interface de entrada de dados e saída de resultados com documentos de texto (extensão “txt”). Esta interface com os documentos de texto vai possibilitar que o utilizador insira vários dados em simultâneo no documento de texto de entrada e posteriormente, no documento de texto de saída, saem todos os resultados em simultâneo.

Resumindo, a folha de cálculo em Excel pode ser mais interessante quando se pretende fazer uma análise comparativa das emissões e consumos de combustível, por um utilizador que esteja mais familiarizado com o assunto, enquanto a primeira versão do modelo em Fortran é ideal para o utilizador comum que queira apenas calcular as emissões e o consumo de combustível, para um caso específico. Por fim, mais completo que os dois anteriores, aparece a segunda versão do modelo em Fortran que cria a possibilidade de obter resultados de várias situações em simultâneo. Tornando-se assim, a solução mais indicada para estudos de mobilidade e cálculos que envolvam veículos de várias categorias.

7.1 EQUAÇÕES PARA CÁLCULO DE EMISSÕES E CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

Durante o desenvolvimento das ferramentas de cálculo, de emissões e consumo de combustível, para os veículos pesados de passageiros, (a folha de cálculo em Excel, e o modelo em Fortran) foi necessário recorrer a equações que caracterizam as emissões dos vários poluentes. Neste sentido, recorrendo-se ao projecto *ARTEMIS* (*Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems*) que elabora factores de emissão para todos os modos de transporte, mais especificamente ao relatório intitulado de “*Heavy duty vehicle emissions*” (REXEIS, 2005) foram retiradas as equações referentes aos factores de emissão dos poluentes CO, COV, NO_x e PM, assim como o consumo de combustível, para os veículos pesados de passageiros que se enquadram no âmbito da presente dissertação.

O relatório “*Heavy duty vehicle emissions*” descreve os dados, as metodologias e os resultados, dos factores de emissão dos poluentes acima referidos e do consumo de combustível, para os veículos pesados (REXEIS, 2005). Este projecto foi desenvolvido de Janeiro de 2000 até Fevereiro de 2005 e contou com uma forte cooperação com os projectos *COST 346* e *HBEFA*, sendo estes, projectos de referência em termos de desenvolvimentos de equações de factores de emissão. Sendo assim, pode considerar-se que as equações retiradas do relatório “*Heavy duty vehicle emissions*”, para o

desenvolvimento das ferramentas de cálculo elaboradas no decorrer da presente dissertação, são extremamente actuais, para além de serem desenvolvidas por um projecto de extrema relevância no seu âmbito (BOULTER, 2005).

As funções desenvolvidas pelo projecto *ARTEMIS* são fundamentadas numa base de dados, com consumos de combustível e factores de emissão, compilada utilizando o modelo *PHEM* (*Passenger car and Heavy-duty vehicle Emission Model*) (BOULTER, 2005). Este modelo foi desenvolvido pelo projecto *ARTEMIS*, e foi criado com o intuito de gerar valores de consumo de combustível e factores de emissão dos poluentes CO, COV, NO_x e PM, através das características específicas dos veículos, dos vários ciclos de condução, da carga do veículo e ainda da inclinação da estrada. Este modelo considera três situações possíveis de carga do veículo, 0%, 50% e 100% e ainda sete níveis de inclinação, -6%, -4%, -2%, 0%, 2%, 4% e 6% (BOULTER, 2005).

As ferramentas de cálculo desenvolvidas no âmbito da presente dissertação, foram criadas tendo em consideração apenas o caso da inclinação de 0% e da carga do veículo a 50%. Os valores escolhidos foram estes, uma vez que são os valores centrais de ambos os parâmetros, tentando assim criar uma espécie de situação de referência. Dependendo do caso de estudo poderiam ser escolhidos outros parâmetros de carga do veículo e inclinação, de acordo com a adesão aos transportes e as características da região. Não havendo informações detalhadas sobre as características do caso de estudo, optou-se por desenvolver uma situação referência.

As ferramentas de cálculo foram desenvolvidas para calcular o consumo de combustível e as emissões dos poluentes CO, VOC, NO_x, PM e CO₂, para cinco categorias de veículos, autocarros do tipo standard com menos de 18 toneladas, autocarros de 3 eixos com mais de 18 toneladas, mini autocarros urbanos até 15 toneladas, Autocarros Urbanos Standard com mais de 15 ou 18 toneladas e ainda Autocarros Urbanos Articulados com mais de 18 toneladas. Estas cinco categorias são ainda subclassificadas em convencional, EURO 1, EURO2, EURO3, EURO4 e EURO5, conforme o ano do fabrico da viatura.

Para se obterem as equações utilizadas nas ferramentas de cálculo recorreu-se a um anexo em Excel do relatório final, e para cada categoria de veículo e poluente pretendido, retiraram-se as equações das 6 subclassificações. Este trabalho de compilação de equações consistiu em, para cada categoria de veículo, retirar as equações para os quatro poluentes e o consumo de combustível e ainda dentro destes poluentes recolher as equações referentes às 6 subcategorias referidas anteriormente.

Ainda relativo às equações retiradas do relatório “Heavy duty vehicle emissions”, referentes ao consumo de combustível, convém referir que estas apresentam o consumo de combustível em massa, g. A fim de facilitar a interpretação dos resultados converteu-se a massa de combustível consumido para a forma usualmente mais utilizada, liquido, l. Para se fazer esta conversão considerou-se a densidade do gasóleo a 15°C como 845 kg/m³ (BP, 2005).

É também objectivo da presente dissertação calcular as emissões do poluente CO₂, mas como no relatório “Heavy duty vehicle emissions” não eram apresentadas as equações para estes poluentes teve de se encontrar outra forma para o seu cálculo. Assim sendo, foram calculadas as emissões de CO₂ através de duas formas distintas, a primeira calcula as emissões de CO₂ através de um balanço mássico, aos poluentes emitido. Esta forma de calcular as emissões de CO₂ vem afecta de um erro uma vez que os resultados obtidos para os outros poluentes, através das equações utilizadas, sofreram reduções através de técnicas de redução posteriores a combustão, e para que este balanço mássico fosse mais preciso, deveriam utilizar-se os valores de emissão dos poluentes sem qualquer técnica de redução pós-combustão.

Equação de balanço mássico:

$$[CO_2] = \left(\frac{Combustível}{(12 + Rhc)} - \frac{[CO]}{28} - \frac{[COV]}{(12 + Rhc)} - \frac{[PM]}{12} \right) \times 44$$

[CO₂] – Concentração de CO₂;

[CO] – Concentração de CO;

[COV] – Concentração de COV;

[PM] – Concentração de PM;

Rhc – Factor de correcção para veículos a gasóleo.

A outra forma de cálculo do CO₂, que apenas é utilizada na folha de cálculo em Excel, consiste na utilização da equação de cálculo de CO₂ utilizada no modelo *TREM*, presente na tese de doutoramento da Dr. Oxana Tchepel intitulada de “Emission modelling as a decision support tool for Air Quality Management” (TCHEPEL, 2003). Uma vez que apenas existe uma equação, referente aos veículos convencionais, tem de se recorrer a um cálculo directo para esta categoria de emissão e depois extrapolar para as restantes categorias, relacionando o índice de redução de CO₂ com o índice de redução do consumo de combustível. A equação utilizada pelo modelo *TREM* é a seguinte (TCHEPEL, 2003):

Para autocarros Standard:

$$523-0.0487*V^2+0.000527*V^3+12501*V^{-1}$$

Para autocarros Urbanos:

$$679-0.00268*V^3+9635*V^{-1}$$

Na versão do modelo em Fortran optou-se por calcular as emissões de CO₂ através do balanço mássico aos poluentes uma vez que as equações utilizadas no modelo TREM não abrangiam todas as categorias de veículos referenciadas na presente dissertação.

7.2 FOLHA DE CÁLCULO EM EXCEL

A folha de cálculo em Excel foi formulada com o intuito de ser uma ferramenta de cálculo que seja fácil de utilizar e modificar, visto que foi desenvolvida em formato Excel, formato dominado pela maioria dos utilizadores de computadores. A utilização da folha Excel tem algumas vantagens e desvantagens. A principal vantagem, como já foi referido, está relacionada com a grande facilidade de um utilizador comum de computadores trabalhar com esta ferramenta, o que lhe permitirá alterar a folha de cálculo conforme o objectivo pretendido. Outra vantagem prende-se com o facto de a folha de cálculo mostrar uma tabela com todas as categorias de emissão para os dados de entrada estabelecidos, o que facilita uma análise comparativa dos factores de emissão. Em relação às desvantagens, destaca-se o facto de apenas se poder calcular as emissões caso a caso, ou seja, não se pode fornecer um conjunto variado de dados de entrada que sejam calculados em simultâneo, esta desvantagem dificulta a utilização desta ferramenta em projectos com grande quantidade de dados de entrada. Ainda como aspecto negativo realça-se a facilidade com que as folhas de cálculo em Excel são corrompidas, ou seja, é muito fácil o utilizador alterar uma célula com uma equação de emissão sem se aperceber, podendo esta alteração afectar consideravelmente os resultados obtidos.

7.2.1 ESQUEMA DE UTILIZAÇÃO DA FOLHA DE CÁLCULO

Para calcular as emissões de uma determinada frota, ou veículo, o primeiro passo é escolher o tipo de veículo para o qual pretende calcular as emissões, carregando na aba respectiva. As opções são: autocarro standard; autocarro de 3 eixos; mini autocarros urbanos; autocarros urbanos standard; autocarros urbanos articulados, como é possível verificar na figura 22. Para além das categorias de veículos pesados de passageiros, há

ainda uma aba (*anexo 1*) que apresenta um quadro com a classificação dos veículos de acordo com as datas de implementação das normas de emissão, para melhor compreensão, por parte do utilizador, das classificações EURO e convencional.

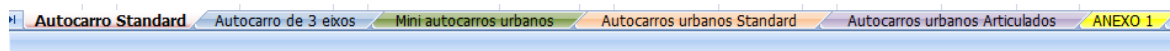


Figura 22 - Abas para escolha do tipo de veículo

Seleccionada a aba com o tipo de veículo para que se pretende calcular as emissões, tem de se preencher algumas características sobre o veículo e o percurso, como; a velocidade média a que o veículo efectuou o percurso; a distância percorrida; o ano de fabrico do veículo, como se verifica na figura 23. Resumindo, tem de se preencher as células que estão delimitadas a negrito.

Dados de entrada:	
Velocidade=	50 km/h
Distância percorrida=	100 km
Ano de fabrico do veículo=	1990

Figura 23 - Dados de entrada da folha de cálculo

Inseridas essas três informações, na parte que diz, “*Resultados das emissões para as diferentes categorias de emissão*”, são apresentados os factores de emissão e a emissão por percurso para todas as categorias de emissão e tipo de poluente. Cada coluna, identificada com cores diferente, representa os vários poluentes emitidos: CO, NO_x, COV, PM, CO₂ e ainda combustível consumido. Na figura 24 pode ver-se o aspecto destas colunas, apenas para os três primeiros poluentes, no Excel estão disponíveis também as colunas referentes aos restantes poluentes e consumo de combustível.

Resultados das emissões para as diferentes categorias de emissão:

	CO	NOx	PM
Factores de emissão:	Emissão=	Emissão=	Emissão=
Autocarro Standard convencion	2,0415 g de CO/km	9,8509 g de NOx/km	0,4323 g de PM/km
Autocarro Standard Euro-1	1,9090 g de CO/km	7,4796 g de NOx/km	0,3361 g de PM/km
Autocarro Standard Euro-2	1,4277 g de CO/km	8,2657 g de NOx/km	0,1553 g de PM/km
Autocarro Standard Euro-3	1,7419 g de CO/km	6,8520 g de NOx/km	0,1655 g de PM/km
Autocarro Standard Euro-4	0,1344 g de CO/km	4,1570 g de NOx/km	0,0310 g de PM/km
Autocarro Standard Euro-5	0,1379 g de CO/km	2,4934 g de NOx/km	0,0319 g de PM/km
Emissão por distância percorrida:	Emissão=	Emissão=	Emissão=
Autocarro Standard convencion	204,1460 g de CO	985,0903 g de NOx	43,2320 g de PM
Autocarro Standard Euro-1	190,9025 g de CO	747,9610 g de NOx	33,6055 g de PM
Autocarro Standard Euro-2	142,7732 g de CO	826,5743 g de NOx	15,5282 g de PM
Autocarro Standard Euro-3	174,1865 g de CO	685,1993 g de NOx	16,5504 g de PM
Autocarro Standard Euro-4	13,4381 g de CO	415,7049 g de NOx	3,1003 g de PM
Autocarro Standard Euro-5	13,7922 g de CO	249,3397 g de NOx	3,1910 g de PM

Figura 24 - Resultados das emissões para as diferentes categorias de emissão

Através da tabela representada na figura 24, é possível ter uma ideia da variação das emissões dos vários poluentes e do consumo de combustível, para as diferentes categorias de emissão dos veículos. Assim sendo, esta tabela pode ter uma grande utilidade em termos comparativos, ou seja, permite ao utilizador comparar as emissões de poluentes e consumo de combustível para as diversas categorias de emissão dos veículos.

A fim de facilitar a compreensão e tornar a folha de cálculo mais objectiva, após as tabelas com as emissões de todas as categorias de veículos (figura 24), é apresentada uma tabela separadamente, com as emissões da categoria correspondente aos dados de origem, como está ilustrado na figura 25.

Emissões Referentes ao Veículo Inserido:

	Emissão	Emissão por distância percorrida
CO	2,0415 g de CO/km	204,1460 g de CO
NOx	9,8509 g de NOx/km	985,0903 g de NOx
PM	0,4323 g de PM/km	43,2320 g de PM
COV	0,7001 g de COV/km	70,0138 g de COV
Combustível	0,2878 l/km	28,7796 l
CO ₂	758,1020 g de CO ₂ /km	75810,2012 g de CO ₂

Figura 25 - Emissões referentes ao veículo em análise

Terminada esta fase de cálculo das emissões, aparece mais uma zona de introdução de informação, esta totalmente voltada para os transportes públicos de passageiros, pois permite calcular as emissões anuais do veículo correspondente aos dados inseridos. Como se verifica pela figura 26, este cálculo é efectuado tendo simplesmente em atenção

o número de vezes em que o veículo efectua o percurso por dia, número de dias em que efectua o percurso por semana e finalmente número de semanas em que efectua o percurso por ano. Tal como acontece na primeira zona de inserção de dados, o utilizador deve inserir os valores nas células delimitadas a negrito.

Cálculo das Emissões Anuais para o Veículo Inserido:

Número de vezes que efectua o percurso por dia:	3
Número dias que efectua o percurso por semana:	5
Número semanas efectua o percurso por ano:	30

Figura 26 - Dados de entrada para o cálculo das emissões anuais

Por fim, inseridos os valores ilustrados na figura 26, aparece um conjunto de três tabelas com os resultados finais das emissões diárias, as emissões semanais e ainda as emissões anuais para o veículo em análise. Estas tabelas podem ser observadas na figura 27 e permitem ao utilizador fazer uma análise semanal, mensal ou mesmo anual das emissões da sua frota ou veículo.

Emissões diárias=	CO	612,4381	g de CO
	NOx	2955,2710	g de NOx
	PM	129,6960	g de PM
	COV	210,0413	g de COV
	Combustível	86,3387	l
	CO ₂	227430,6035	g de CO ₂
Emissões semanais=	CO	3062,1905	g de CO
	NOx	14776,3549	g de NOx
	PM	648,4802	g de PM
	COV	1050,2066	g de COV
	Combustível	431,6935	l
	CO ₂	1137153,0175	g de CO ₂
Emissões anuais=	CO	91865,7149	g de CO
	NOx	443290,6465	g de NOx
	PM	19454,4070	g de PM
	COV	31506,1966	g de COV
	Combustível	12950,8046	l
	CO ₂	34114590,53	g de CO ₂

Figura 27 - Resultados referentes às emissões diárias, semanais e anuais

7.3 MODELO EM FORTRAN

Em relação ao programa em Fortran, decidiu-se fazer duas versões do programa, uma intitulada de “*RODOEMIT 1.0*”, em que se criou uma interface mais simples, onde os dados de entrada são inseridos directamente na janela do programa. Já a versão “*RODOEMIT 2.0*” é mais complexa em termos de utilização, uma vez que cria uma interface de entrada de dados e saída de resultados com dois documentos de texto. Esta segunda versão apesar de ser menos intuitiva do ponto de vista do utilizador, torna-se uma ferramenta muito mais vantajosa quando se pretende calcular as emissões de uma frota, ou seja, com vários dados de entrada. Isto acontece uma vez que esta versão permite inserir vários dados de entrada no mesmo documento de texto e posteriormente o modelo apresentará todos os resultados no documento de texto de saída.

7.3.1 MODELO EM FORTRAN “*RODOEMIT 1.0*”

O modelo em Fortran “*RODOEMIT 1.0*” foi uma versão desenvolvida com a intenção de se tornar uma versão mais intuitiva, ou seja, que seja mais fácil de utilizar por qualquer pessoa com os mínimos de conhecimentos informáticos.

A forma de utilização deste modelo é muito simples, como se pode ver pela figura 28, ao executar o ficheiro *RODOEMIT 1.0* o utilizador vai-se deparar com um conjunto de dados que lhe são pedidos sequencialmente, quando acaba a recolha de dados necessária, vai aparecer, por baixo dos dados inseridos, os resultados das emissões dos vários poluentes e o consumo de combustível, referentes aos dados inseridos.

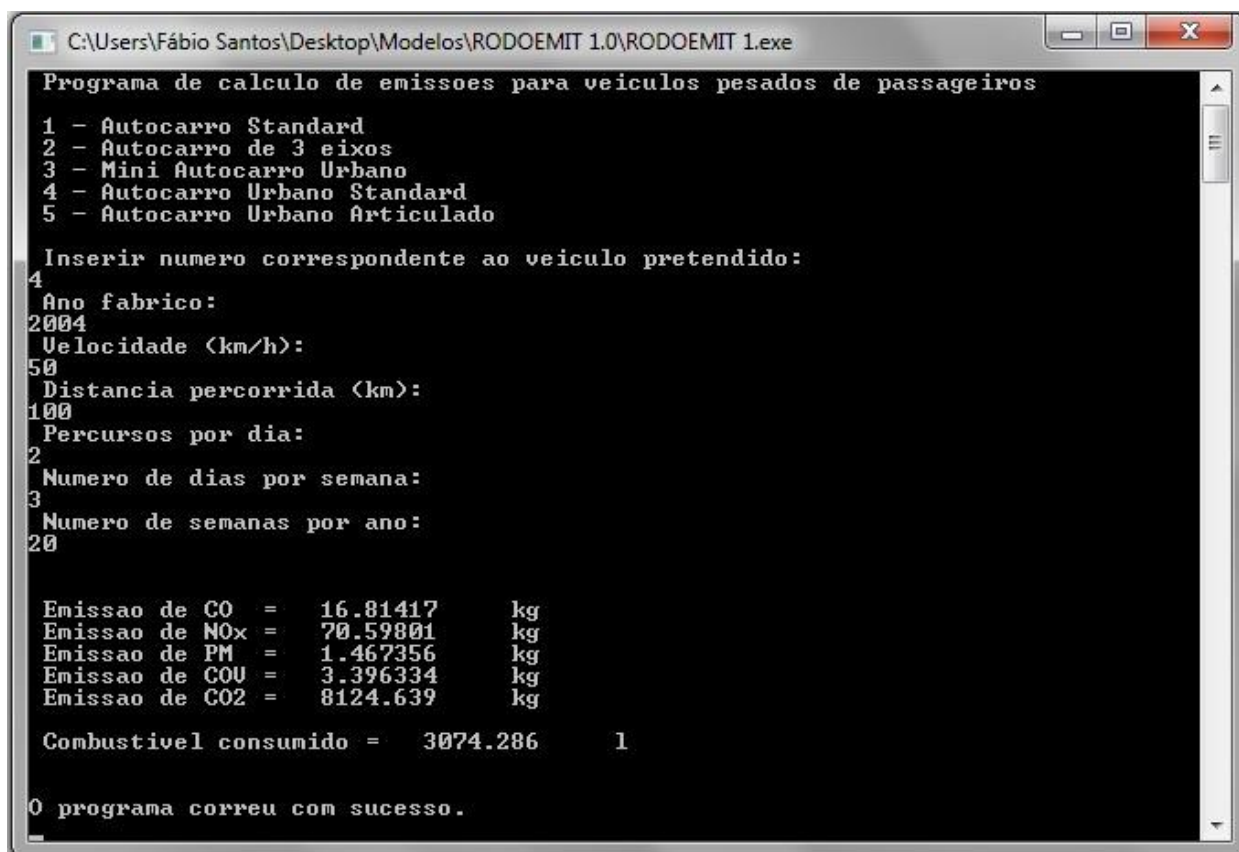


Figura 28 - Janela do modelo RODOEMIT 1.0

O facto de os resultados aparecerem na “janela” do programa torna a sua utilização mais intuitiva uma vez que não é necessário estar a recorrer a outros ficheiros, contudo torna o modelo bastante mais obsoleto. Isto acontece porque para casos em que seja necessário introduzir vários dados, esta versão só permite calcular um grupo de dados de cada vez. Outra desvantagem da apresentação dos resultados na “janela” do programa está relacionada com a recolha dos resultados, não permitindo a interacção com nenhum documento de texto, os dados têm de ser retirados manualmente.

7.3.2 MODELO EM FORTRAN “RODOEMIT 2.0”

Por sua vez, o modelo em *Fortran* “RODOEMIT 2.0”, é uma versão mais elaborada do modelo referido no ponto anterior, apesar da metodologia de cálculo ser exactamente a mesma.

Inicialmente, para fazer correr o modelo basta carregar no executável que fiz *REDOEMIT 2.0*, irá aparecer uma janela como a apresentada na figura 29. Esta versão tem a particularidade de quando se carrega sobre o executável já tem de se ter os dados

inseridos no documento de texto *dados entrada*, uma vez que, ao executar o ficheiro ele corre automaticamente o programa.

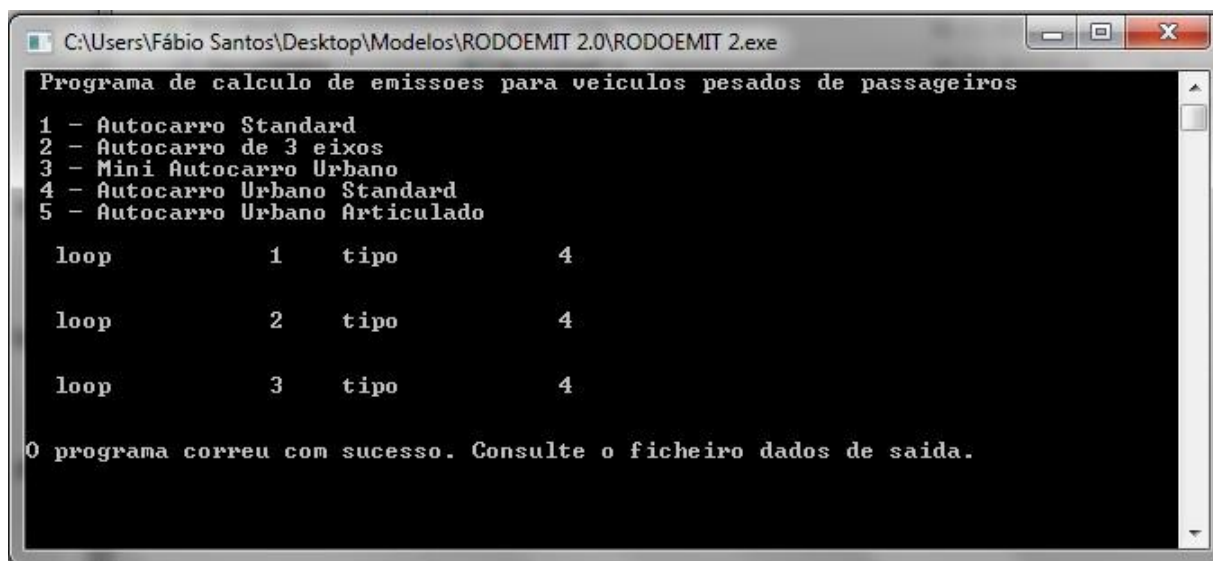


Figura 29 - Janela do modelo RODOEMIT 2.0

A principal inovação deste modelo em relação ao anterior, consiste no facto de esta versão estar interligada a dois documentos de texto. Os documentos de texto que estão interligados ao programa são designados de *dados entrada* e *dados saída*, o primeiro é onde o utilizador irá inserir os dados relativos ao seu caso de estudo, enquanto o segundo é onde o programa vai escrever os resultados dos cálculos de emissões e consumo de combustível.

O documento de texto *dados entrada*, representado na figura 30, apresenta a mais-valia de se poderem inserir vários dados em simultâneo, bastando apenas referir a quantidade de dados que vai inserir e o programa faz o cálculo das emissões para todos os casos referidos, descarregando os resultados todos no ficheiro “Dados de saída”, representado na figura 31. Este ficheiro pode posteriormente ser aberto como folha Excel, facilitando muito a aquisição de dados.

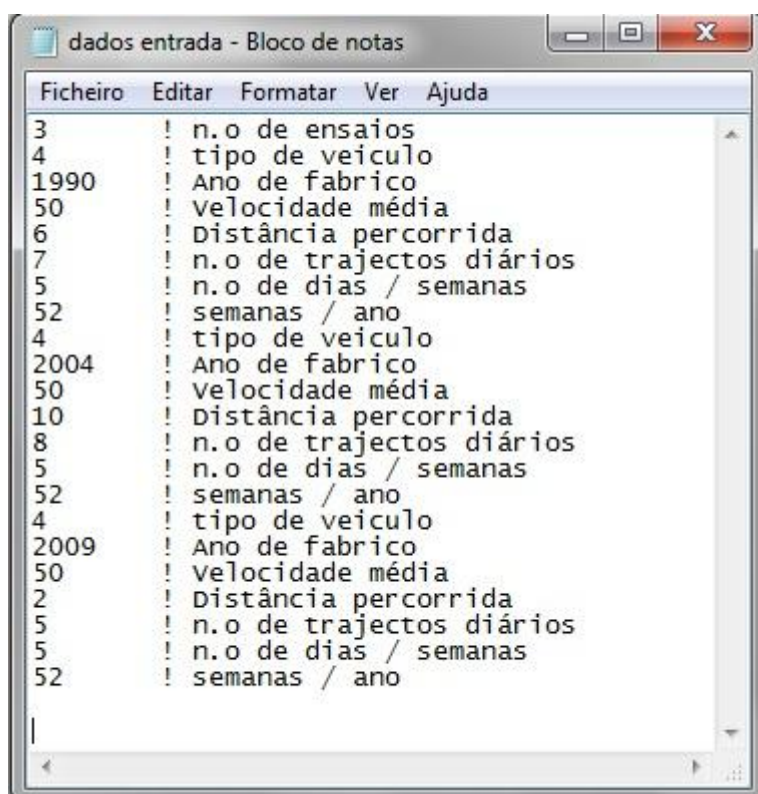


Figura 30 - Documento de texto referente aos dados de entrada

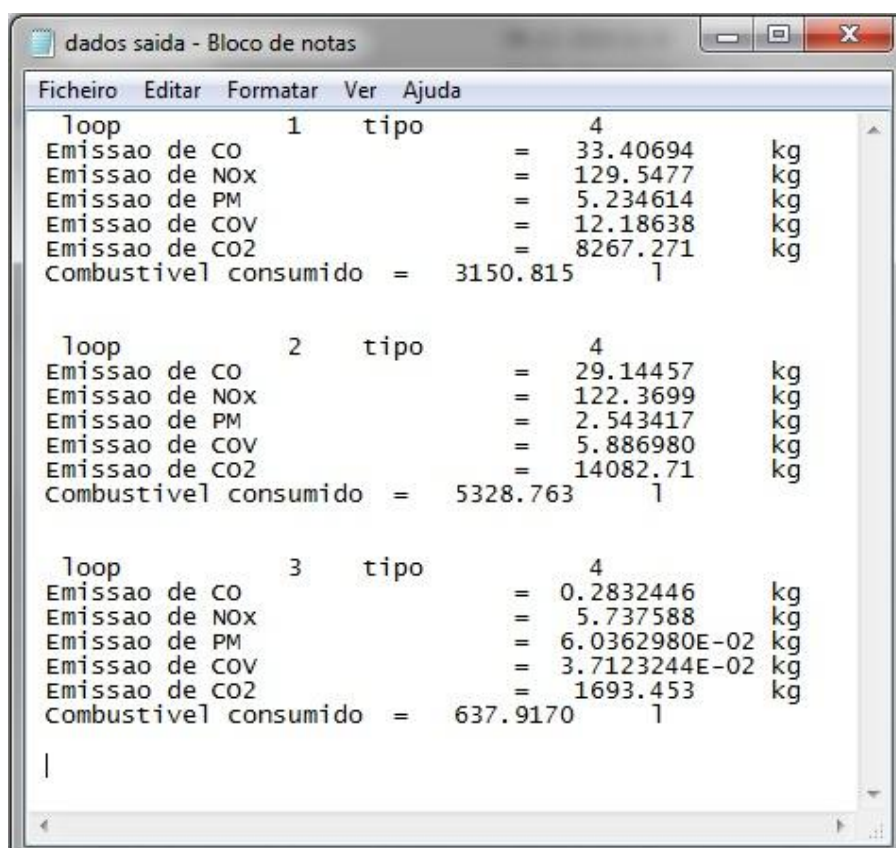


Figura 31 - Documento de texto referente aos dados de saída

8 CASO DE ESTUDO

No presente Capítulo será elaborado o enquadramento do caso de estudo, concelho do Fundão, apresentando algumas razões para esta escolha, seguido de um enquadramento territorial, onde se recorrerá a dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) a fim de caracterizar as dinâmicas e estruturas demográficas do concelho, perceber as principais fontes de emprego e actividades económicas e ainda, agora directamente relacionado com o objectivo da presente dissertação, caracterizar os meios de transporte utilizados e quais as principais deslocações efectuadas pelas populações, dando ênfase aos movimentos pendulares.

Feita a caracterização do concelho do Fundão, irá recorrer-se à folha de cálculo e ao modelo *Fortran*, desenvolvidos no decorrer da presente dissertação, para calcular o consumo de combustível e a emissão dos poluentes CO; NO_x; PM; COV e CO₂, para a principal frota de transportes públicos a prestar serviços à Câmara Municipal do Fundão. A estimativa das emissões da frota em estudo irá servir para comparar o desempenho, a nível de consumo de combustíveis e das emissões de poluentes, para veículos com diferentes classificações *EURO*. Através desta comparação torna-se possível estimar as emissões e consumos da frota existente e qual seria a melhoria espectável, caso se optasse por adquirir veículos cumprindo as normas de emissão mais recente.

8.1 MOTIVAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O caso de estudo escolhido para este trabalho foi o concelho do Fundão, uma vez que se pretende dar um contributo para o programa estratégico “*Redes Urbanas para a Competitividade e Inovação – Sistema Integrado de Mobilidade*”. O contributo que este trabalho se propõe a realizar consiste em, para um dos municípios inseridos no programa estratégico referido, fazer uma recolha de dados idêntica a que vai ser necessária para o programa estratégico, e assim tentar antecipar quais as dificuldades na obtenção de dados a quando do arranque do programa estratégico. Esta contribuição pode tornar-se importante na medida em que as entidades responsáveis pelo programa já terão uma ideia geral do que os municípios poderão ou não ter em sua posse e qual o tipo de informação que se vai ter de conseguir por outros meios, como, contacto directo com empresas prestadoras de serviços (por exemplo transportadoras), contagem de tráfego e

a inquéritos à população residente, este último mais numa perspectiva de avaliação das necessidades em termos de mobilidade.

É ainda objectivo deste trabalho apontar algumas possibilidades para otimizar a utilização dos recursos disponíveis, ou seja, apontar formas de conciliar a frota de transportes públicos com outras alternativas, como a utilização de carrinhas que sejam propriedade do município, de instituições particulares de solidariedade social ou ainda de associações desportivas culturais e recreativas, presentes no município.

Por fim, pretende-se ainda calcular as emissões dos poluentes CO, NO_x, PM, COVs e CO₂ e o consumo de combustível, por parte da frota de transportes públicos, responsável pelo transporte público de passageiros no município. Este cálculo será realizado através de uma folha de cálculo ou de um programa em Fortran, desenvolvidos na presente dissertação.

8.2 ENQUADRAMENTO NO PROGRAMA ESTRATÉGICO RUCI-SIM

Como foi referido anteriormente, este trabalho procura prever e dar resposta a alguns problemas que possam surgir no arranque do programa estratégico “Redes Urbanas para a Competitividade e Inovação – Sistema Integrado de Mobilidade” (RUCI-SIM). Segundo o artigo 3.º, ponto 2, do Regulamento Especifico Política de Cidades – Redes Urbanas para a Competitividade e Inovação (RERUCI), a RUCI-SIM é uma “Rede de Cidades que cooperam numa base temática na elaboração e implementação de um programa de acção estruturante, visando valorizar elementos patrimoniais comuns, valias estratégicas para o mesmo cluster de actividades ou factores específicos que beneficiem do reforço de complementaridades interurbanas” (ADXTUR, 2009).

Tendo por base a tipologia Redes Urbanas para Competitividade e Inovação (RUCI) o programa estratégico Sistema Integrado de Mobilidade (SIM) adopta uma estratégia de cooperação inter-urbana para exploração das potencialidades e vocações temáticas das cidades, tendo como objectivo central, otimizar o potencial das infra-estruturas e equipamentos, numa perspectiva de rede (ADXTUR, 2009).

A rede urbana RUCI-SIM é constituída pelo eixo urbano Covilhã – Fundão – Castelo Branco e pela cidade de Coimbra. Sendo os principais responsáveis pela implementação deste programa estratégico, a Agência para o Desenvolvimento Turístico das Aldeias de Xisto (ADXTUR), enquanto líder do programa e executora de vários projectos, a Universidade de Aveiro como responsável científica dos trabalhos e executora de vários

projectos, a PT Inovação enquanto parceiro tecnológico e executora de um projecto, o Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT), enquanto entidade financiadora de parte da contrapartida nacional e parceiro institucional responsável pela temática da cooperação e ainda, como não podia deixar de ser, os municípios abrangidos pelo programa estratégico, Alvaiázere, Ansião, Arganil, Belmonte, Castelo Branco, Coimbra, Covilhã, Fundão, Idanha-a-Nova, Lousã, Mação, Miranda do Corvo, Oleiros, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penamacor, Penela, Sertã, Proença-a-Nova, Tábua, Vila Nova de Poiares e Vila Velha de Ródão enquanto entidades financiadoras da contrapartida nacional e executoras de projectos (ADXTUR, 2009).

O território abrangido pelo programa estratégico apresenta problemas estratégicos resultantes da falta de articulação entre os eixos ou espaços tendencialmente consolidados e os espaços de ocupação predominantemente rural e com características de baixa densidade populacional, particularidades típicas de territórios onde os problemas de acessibilidade a bens e serviços se revelam especialmente importantes para a qualidade de vida das populações (ADXTUR, 2009). Neste sentido, a articulação destes espaços urbanos menos desenvolvidos com Coimbra, pode constituir um forte desenvolvimento deste território mais débil. Este território apresenta ainda um forte potencial de desenvolvimento do ponto de vista turístico, dado que oferece um vasto leque de recursos naturais que é importante valorizar.

Este eixo urbano é ainda referido pelo Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), (ADXTUR, 2009) como uma âncora fundamental de desenvolvimento do interior da Região Centro, apresentando um forte potencial para funcionar como um eixo distribuidor de serviços e como um motor de desenvolvimento de um território envolvente de baixa densidade, com estruturas demográficas muito envelhecidas e com problemas típicos decorrentes de uma menor capacidade de acesso a determinados serviços.

Para que estes objectivos sejam atingidos torna-se essencial reforçar o sistema de transportes do ponto de vista de acesso ao emprego, às actividades comerciais, culturais e de lazer, aos serviços públicos e demais oportunidades de desenvolvimento, dotando a rede de transportes urbanos de um sistema de mobilidade física, que facilite a deslocação das pessoas para os serviços, propiciando recursos, horários e paragens de acordo com a procura e oferta existentes e tendo em atenção as soluções mais adequadas, do ponto de vista técnico e dos recursos disponíveis (ADXTUR, 2009). O programa estratégico *RUCI-SIM* faz ainda referência ao desenvolvimento de soluções

inovadoras de mobilidade com a implementação de serviços em regime ambulatoriais, ou seja, deslocações dos serviços para as pessoas, que faz todo o sentido quando se trata de fornecer um serviço a um vasto grupo de pessoas que se encontram afastadas dos serviços e com sérios problemas de mobilidade e ainda recorrer às Tecnologias de Informação e Comunicação, reduzindo assim o número de deslocações necessárias para a prestação de determinados serviços, ou seja, fornecimento de serviços sem deslocação, apenas recorrendo a tecnologias como o telemóvel ou o computador.

Verificadas as principais linhas orientadoras do programa estratégico *RUCI-SIM*, o caso de estudo elaborado no decorrer da presente dissertação, pretende elaborar um levantamento de toda a informação disponível que seria necessária para a elaboração do programa estratégico, mas focando-se unicamente no município do Fundão. Este levantamento de informação no município do Fundão vai permitir ter uma percepção mais realista de quais os dados que estão realmente disponíveis junto das entidades responsáveis e quais os dados que terão de ser obtidos a partir de outras estratégias, como inquéritos à população, contacto directo com empresas prestadoras de serviços e ainda possíveis contagens de tráfego. Serão ainda formuladas algumas propostas de melhoramento do sistema de transporte actual, recorrendo a novas tecnologias e à optimização dos meios disponíveis.

8.3 ENQUADRAMENTO TERRITORIAL

8.3.1 LOCALIZAÇÃO

Com uma área de 700,0 km², o concelho do Fundão pertence à Beira Interior (na nomenclatura antiga era um dos 11 municípios do distrito de Castelo Branco) localiza-se na Região Centro (NUTS II), mais especificamente na sub-região Cova da Beira (NUT III) (ANMP, 2009). Para além do município do Fundão, fazem parte do distrito de Castelo Branco os municípios de Belmonte, Castelo Branco, Covilhã, Idanha-a-Nova, Oleiros, Penamacor, Proença-a-Nova, Sertã, Vila de Rei e Vila Velha de Ródão. Relativamente à NUTS III Cova da Beira, esta é constituída pelos municípios do Fundão, Covilhã e Belmonte. Através da figura 32 é possível ter uma ideia da localização dos vários municípios.

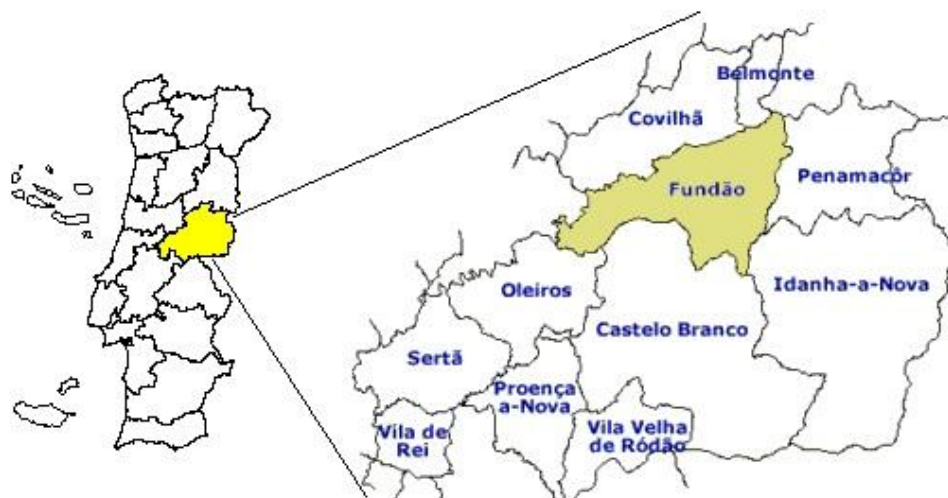


Figura 32 - Enquadramento territorial do concelho do Fundão

O Município do Fundão é composto por 31 freguesias, designadamente, Alcaide, Alcaria, Alcongosta, Aldeia de Joanes, Aldeia Nova do Cabo, Alpedrinha, Atalaia do Campo, Barroca, Bogas de Baixo, Bogas de Cima, Capinha, Castelejo, Castelo Novo, Donas, Enxames, Escarigo, Fatela, Fundão, Janeiro de Cima, Lavacolhos, Mata da Rainha, Orca, Póvoa de Atalaia, Peroviseu, Salgueiro, Silvares, Soalheira, Souto da Casa, Telhado, Vale de Prazeres, Valverde. Através da figura 33 é possível ter uma ideia da localização das várias freguesias do concelho do Fundão.

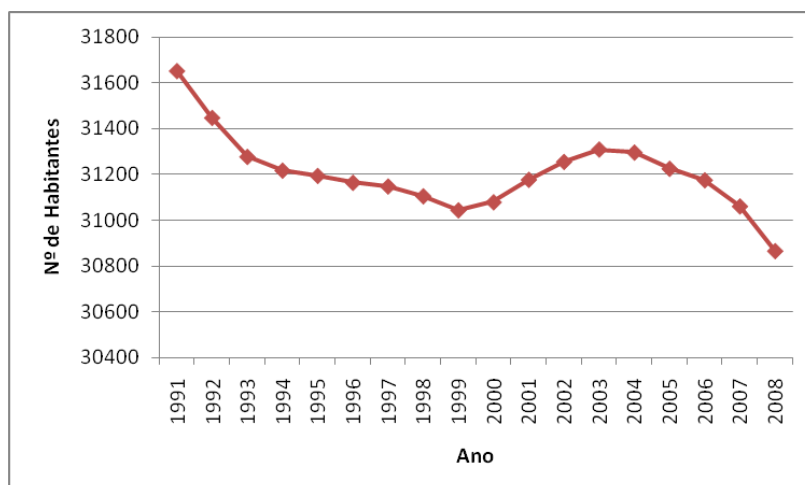


Figura 33 -Enquadramento territorial das freguesias do concelho do Fundão

8.4 DINÂMICA E ESTRUTURA DEMOGRÁFICA

8.4.1 DINÂMICA DEMOGRÁFICA

A análise da dinâmica demográfica anual do concelho do Fundão desde 1991 até 2008, (dados provenientes do *Instituto Nacional de Estatística*), permite aferir um declínio da população residente, materializado numa perda de 785 habitantes entre 1991 e 2008, 17 anos. Como se pode verificar pela figura 34, em 1991 o efectivo populacional era de 31652 habitantes, tendo o número de habitantes diminuído até 1999 onde apresentava um valor de 31045 habitantes. Entre 2003 e 2008 dá-se o declínio mais abrupto na população residente, no período de tempo analisado, com uma redução de 443 habitantes em 5 anos.



**Figura 34 - Evolução da população residente no concelho do Fundão (1991-2008).
(Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)**

No período de 1992 a 2008, como se verifica pela tabela 1, a taxa de crescimento efectivo do concelho do Fundão apresentou sempre valores abaixo dos verificados tanto a nível nacional, como da região centro. A taxa de crescimento efectivo apresentou sempre valores negativos à excepção do período 2000-2003. Esta taxa de crescimento efectivo positiva, na ordem dos 0,21%, corresponde a um crescimento abaixo do verificado no panorama nacional e na região centro, que apresentaram valores na ordem dos 0,67% e 0,56% respectivamente. O aspecto mais preocupante destes dados prende-se com o facto da taxa de crescimento efectivo ter vindo a baixar desde 2004, apresentando em 2008 um valor de -0.63% para o Fundão. Este decréscimo fez-se também sentir a nível nacional e na zona centro, para valores de 0,09% e -0.11% respectivamente.

Os valores da tabela 1, em que se baseou a análise anterior, não apresentam dados de 1991 uma vez que os valores da taxa de crescimento efectivo, disponíveis no *Instituto Nacional de Estatística*, apenas apresentavam valores a partir de 1992, por comparação com o ano dos Censos 1991.

Tabela 1 - Evolução da População residente (nº) e da taxa de crescimento efectivo (%) para Portugal, Região Centro e Fundão (1991-2008).
(Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

	População residente (N.º)			Taxa de crescimento efectivo (%)		
	Portugal	Centro	Fundão	Portugal	Centro	Fundão
1992	9974591	2270518	31448	0,09	-0,07	-0,65
1993	9990590	2271336	31278	0,16	0,04	-0,54
1994	10017571	2276261	31218	0,27	0,22	-0,19
1995	10043180	2281286	31195	0,26	0,22	-0,07
1996	10072542	2286788	31165	0,29	0,24	-0,1
1997	10109697	2294537	31149	0,37	0,34	-0,05
1998	10148883	2302787	31106	0,39	0,36	-0,14
1999	10195014	2312390	31045	0,45	0,42	-0,2
2000	10256658	2325161	31080	0,6	0,55	0,11
2001	10329340	2339561	31178	0,71	0,62	0,31
2002	10407465	2354552	31256	0,75	0,64	0,25
2003	10474685	2366691	31310	0,64	0,51	0,17
2004	10529255	2376609	31297	0,52	0,42	-0,04
2005	10569592	2382448	31226	0,38	0,26	-0,19
2006	10599095	2385891	31176	0,28	0,14	-0,16
2007	10617575	2385911	31062	0,17	0	-0,37
2008	10627250	2383284	30867	0,09	-0,11	-0,63

Quanto à distribuição da população pelas 31 freguesias, como se pode verificar pela figura 35, é notória uma grande diferença entre o número de habitantes da freguesia do Fundão com 8957 habitantes (28,45% da população residente no concelho) e as restantes freguesias do concelho. Para se ter uma ideia desta diferença, as freguesias com maior número de habitantes a seguir ao Fundão são as freguesias de Vale dos Prazeres com 1510 habitantes (4,79% da população residente no concelho), Valverde com 1422 habitantes (4,52% da população residente no concelho), Alcária com 1271 habitantes (4,04% da população residente no concelho), Alpedrinha com 1184 habitantes (3,74% da população residente no concelho), Soalheira com 1130 habitantes (3,59% da população residente no concelho) e Silvaes com 1104 habitantes (3,51% da população residente no concelho). Todas as outras freguesias do concelho apresentam um número de habitantes inferior a 1000, sendo Mata da Rainha com 214 habitantes a freguesia com menor número de habitantes, o que corresponde apenas a 0,68% da população residente no concelho.

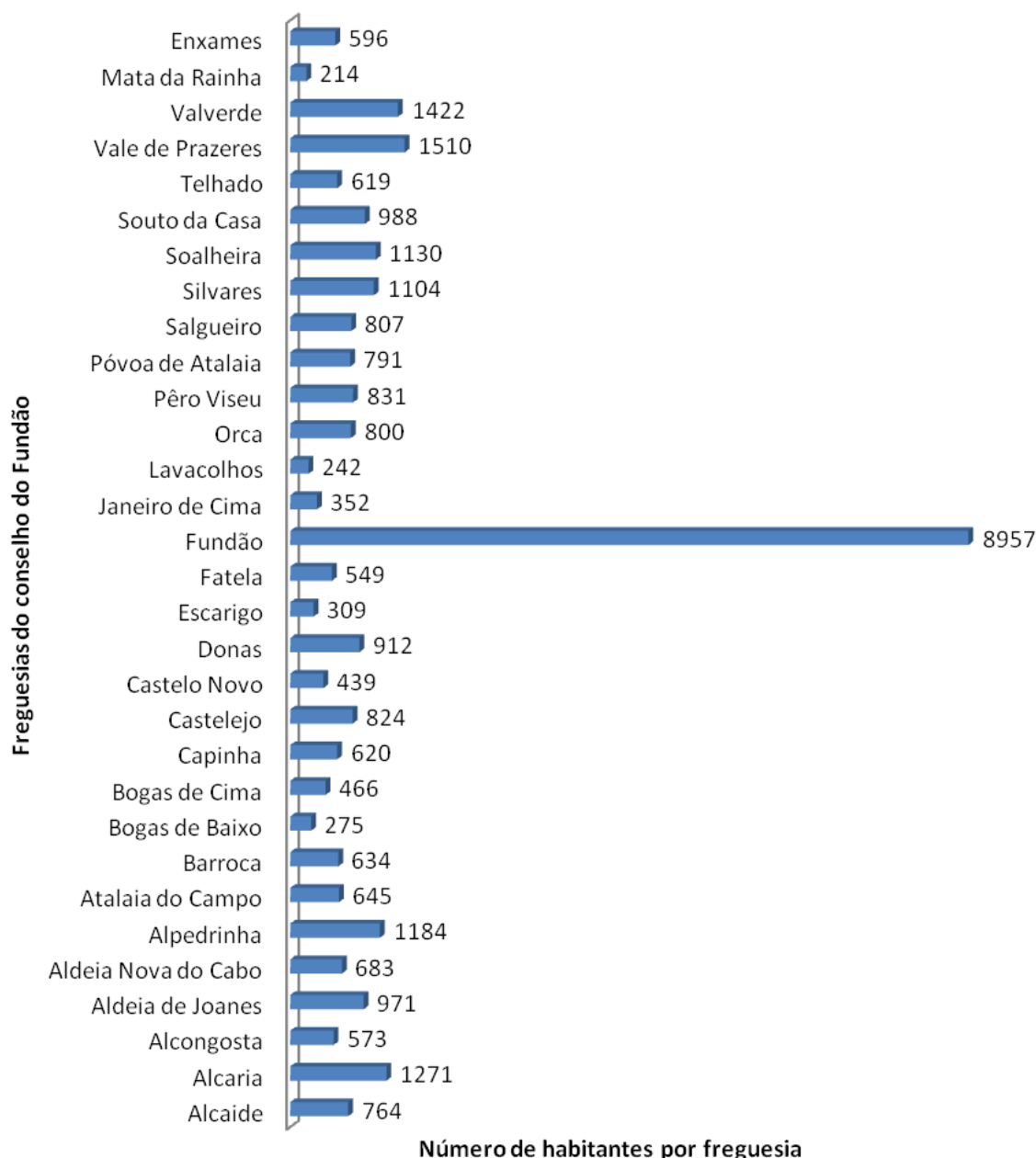


Figura 35 - População residente no concelho de Fundão, por freguesia à data dos censos 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

8.4.2 ESTRUTURA DEMOGRÁFICA

A tendência de envelhecimento verificada no conjunto do território nacional é também observável na evolução da estrutura etária da população residente do concelho do Fundão. Comparando a figura 36, que representa a evolução da população residente em Portugal por grupos etários (1991,2000,2008), com a figura 37, que representa a evolução da população residente no Fundão por grupos etários (1991,2000,2008), pode

verificar-se que em ambos os grupo etários dos 25 – 64 anos e dos 65 e mais anos têm tendência a aumentar desde 1991 até 2008, enquanto os grupos etários dos 0 – 14 anos e dos 15 – 24 anos sofreram um decréscimo neste mesmo período temporal.

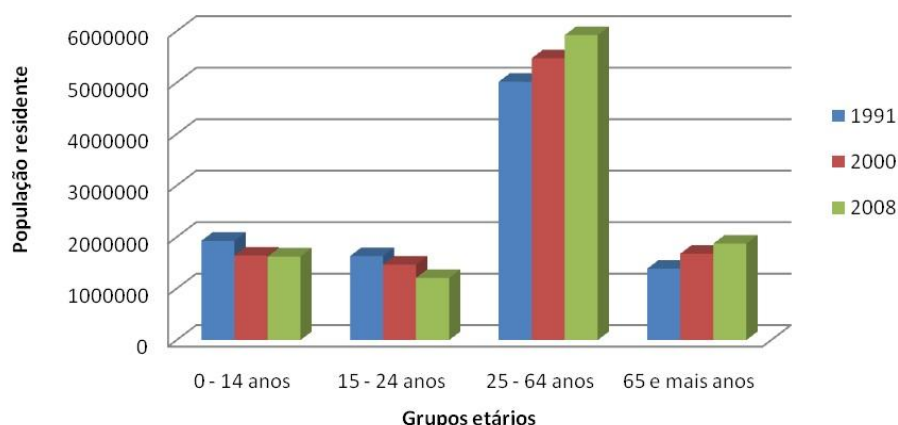


Figura 36 - Evolução da população residente em Portugal por grupos etários (1991, 2000, 2008). (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

Analisando mais pormenorizadamente a figura 37, referente ao município do Fundão, observa-se que enquanto na evolução da população residente em Portugal, o grupo etário dos 65 e mais anos apresenta um valor semelhante ao dos grupos etários 0 -14 anos e 15 -24 anos, no caso da evolução da população residente no Fundão o grupo etário dos 65 e mais apresenta-se bem mais elevado que os grupos etários 0 -14 anos e 15 -24 anos. Isto vem provar que apesar do município do Fundão estar a seguir a tendência de envelhecimento verificada no conjunto do território nacional, a situação neste município é ainda mais preocupante.

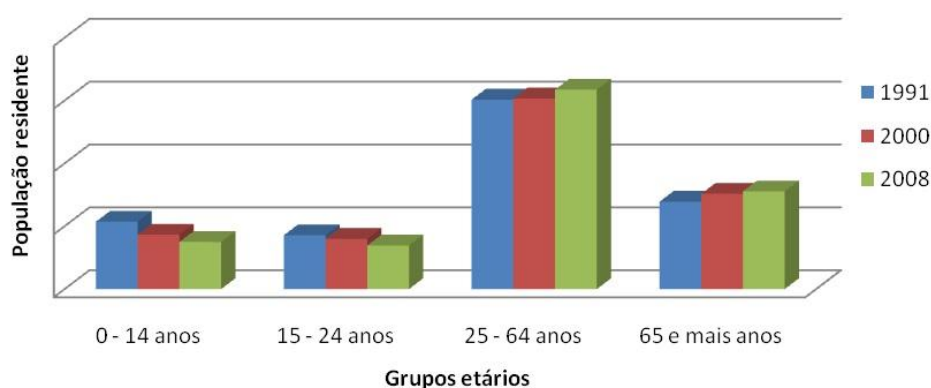


Figura 37 - Evolução da população residente no Fundão por grupos etários (1991, 2000, 2008). (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

Através da tabela 2 observa-se que o grupo etário 0 – 14 anos apresenta uma redução significativa de 4,77%, passando de 16,92% da população residente em 1991, para

12,15% da população residente em 2008. No extremo contrário, o grupo etário dos 65 e mais anos sofre um aumento significativo de 3,24%, passando de 21,95% da população residente em 1991, para 25,19% da população residente em 2008.

O grupo etário 25 -64 anos também sofre um aumento significativo de 3,80%, passando de 47,61% da população residente em 1991, para 51,41% da população residente em 2008.

Tabela 2 - Evolução da população residente no Fundão por grupos etários (2008, 2000, 1991). (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

	1991		2000		2008	
	nº Hab.	% Pop.	nº Hab.	% Pop.	nº Hab.	% Pop.
0 - 14 anos	5357	16,92	4328	13,93	3750	12,15
15 - 24 anos	4279	13,52	3999	12,87	3472	11,25
25 - 64 anos	15072	47,61	15171	48,81	15870	51,41
65 e mais anos	6950	21,95	7581	24,39	7775	25,19
Total	31658	100	31079	100	30867	100

8.5 EMPREGO E ACTIVIDADES ECONÓMICAS

8.5.1 EMPREGO

O papel determinante do mercado de trabalho nas dinâmicas socio-económicas de qualquer território não pode ser esquecido, pois este factor, conjugado com os padrões de deslocação que a distribuição territorial das actividades económicas obriga, justificam a análise do emprego e actividades económicas no âmbito desta dissertação.

A percentagem de população empregada no município do Fundão de 39,52%, em 2001, ano do Recenseamento Geral da População, está um pouco abaixo da média nacional de 45,03% e da Região Centro de 43,02%, como é possível verificar na tabela 3. Estes números comprovam a tendência, que se tem vindo a verificar, das zonas mais interiores do país apresentam menores percentagens de população activa.

Em relação à distribuição por sectores de actividade económica, nesse mesmo período de tempo, verifica-se que à semelhança do que acontecia no país e na Região Centro, também o município do Fundão apresentava um maior número de empregados a exercer a sua actividade no sector terciário com 53,66% (sector que proporciona serviços como o comércio, educação, transportes, saúde, finanças entre outros). O sector secundário (sector da indústria, energia, obras públicas e construção civil) apresenta valores muito

semelhantes entre o município do Fundão com 35,44%, a Região Centro com 38,11% e o país com 35,92%.

O sector primário (sector ligado à agricultura, pesca e pecuária) apesar de ser o sector com menor número empregos no município do Fundão com 10,90%, é o sector onde a surge a maior diferença percentual, estando 5,92% acima da média nacional de 4,98% e 4,10% acima da média da Região Centro de 6,80%. Este valor elevado, em relação ao panorama nacional, é compreensível uma vez que se trata de um município onde a agricultura é ainda fonte de rendimento de uma parte significativa da população.

Tabela 3 - Estrutura do emprego por sector de actividade económica (%) à data dos Censos 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

	Total população empregada (%)	Sector primário (%)	Sector secundário (%)	Sector terciário (%)
Portugal	45,03	4,98	35,10	59,92
Centro	43,02	6,80	38,11	55,08
Fundão	39,52	10,90	35,44	53,66

O sector terciário pode ser dividido em outros dois grandes sectores, como se pode verificar pela figura 38, que são o sector terciário social com 25 % da população empregue e o sector terciário económico com 29% da população empregue.

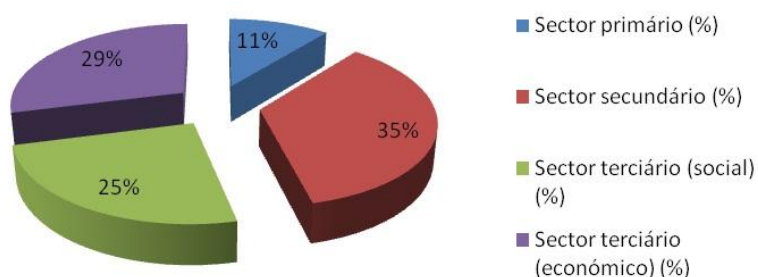


Figura 38 - Estrutura do emprego por sector de actividade económica no concelho do Fundão (%) à data dos Censos 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

Ao analisar a figura 39 relativa a população empregada, à data dos Censos de 2001, por actividade económica verifica-se que as indústrias extractivas eram os maiores empregadores, com 2622 empregados, seguido do comércio grosso e a retalho com 2160 empregados, depois um pouco mais abaixo aparece a construção com 1629

empregados e a agricultura e silvicultura com 1342 empregados. As restantes actividades económicas apresentam números inferiores a 1000 empregados, se bem que ainda se identificam mais quatro actividades económicas com uma importância significativa em termos de empregabilidade que são a educação com 992 empregados, a administração pública, defesa e segurança com 873 empregados, a saúde e acção social com 737 empregados e o alojamento e restauração com 551 empregados.

Estes valores justificam os 53,66 % de empregados no sector terciário uma vez que este sector diz respeito ao comércio, saúde, educação, transportes e finanças todas actividades com grande número de empregados como foi verificado acima. Já o sector secundário justifica os 35,44% de empregados devido principalmente a duas grandes actividades económicas, que são a indústrias transformadoras e a construção com 2622 e 2160 empregados respectivamente. Por fim o sector primário apresenta os 10,90% de empregados devido principalmente a agricultura, que como já foi referido acima, apresenta uma grande representação no município do Fundão.

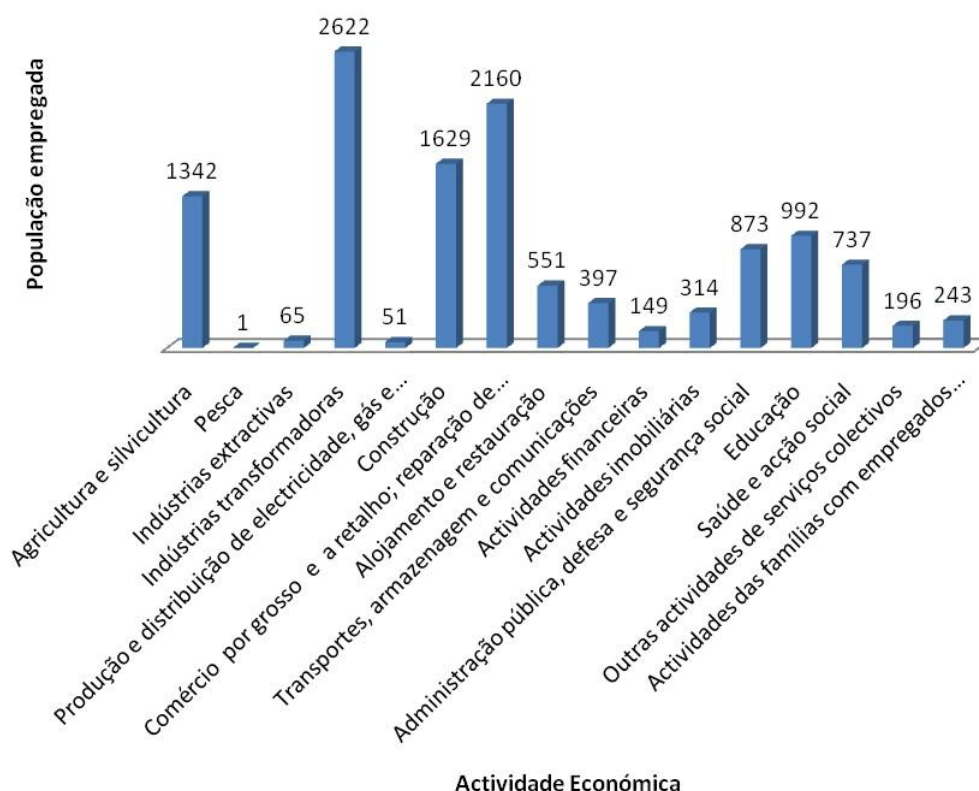


Figura 39 - População empregada por Actividade económica à data dos Censos 2001.
(Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

8.5.2 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Sendo as empresas um grande empregador, neste sentido é conveniente conhecer o panorama empresarial do município do Fundão. Na figura 40 análise serão utilizados apenas dados de 2006 e 2007 uma vez que são os únicos disponíveis no Instituto Nacional de Estatística para o município do Fundão. Em relação ao número total de empresas do ano de 2006 para 2007, como se verifica pela figura 40, houve um decréscimo de 44 empresas, passando de 2640 para 2596. À primeira vista o número de empresas parece elevado, mas a maioria destas empresas tem menos de 10 empregados: 2538 empresas em 2006 e 2485 empresas em 2007, o que leva a pensar que a maior parte destas empresas sejam familiares.

Em relação aos restantes escalões de pessoal ao serviço evidencia-se uma pequena quantidade de empresas acima dos 10 empregados, no escalão dos 10 aos 49 empregados haviam 95 empresas em 2006 e 104 empresas em 2007, estes dados são interessantes uma vez que houve um aumento de 9 empresas já com uma dimensão considerável. No escalão de empresas de 50 a 249 empregados o número manteve-se de 2006 para 2007, com apenas sete empresas. Por fim o escalão de empresas com 250 e mais empregados: não há qualquer empresa desta classe no município do Fundão.

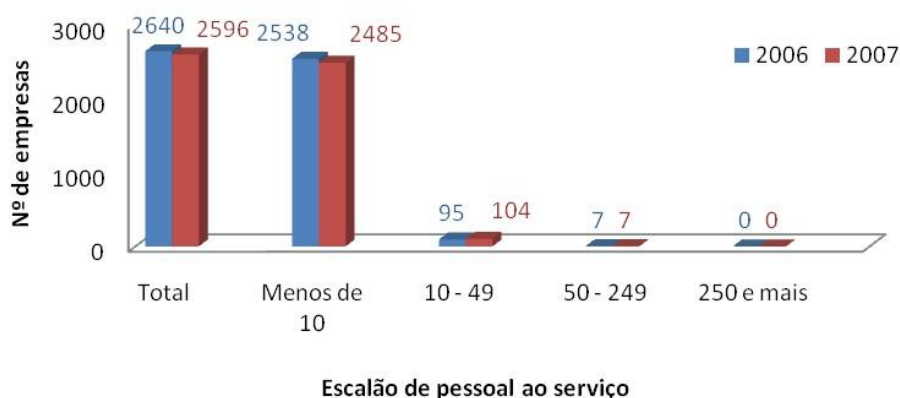


Figura 40 - Empresas por escala de pessoal ao serviço para os anos de 2006 e 2007.
(Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

8.6 FLUXOS DE POPULAÇÃO

8.6.1 TRANSPORTES E DESLOCAÇÕES

Quando se pretende fazer um estudo de mobilidade de um município é essencial conhecer os hábitos de utilização de transportes da população, uma vez que se os

transportes públicos não são muito utilizados, poderá ser por serem pouco eficientes e levantar problemas como o preço, os horários não serem os mais convenientes, os percursos serem muito extensos logo muito morosos, entre outros.

O automóvel privado é dos meios de transporte mais utilizados e tem vindo a ganhar cada vez maior popularidade e adeptos. A escolha do automóvel privado em detrimento do transporte público de passageiros tem consequências muito negativas a nível ambiental, pois a poluição emitida, principalmente de gases com efeito estufa, é muito superior e levantam-se também problemas de trânsito e circulação nas cidades e principais vias, que nas horas de ponta ficam totalmente congestionadas.

No que diz respeito a utilização do automóvel nas deslocações, através da figura 41 pode verificar-se que, estas aumentaram consideravelmente num espaço temporal de apenas 10 anos passando de 20,55% para 49,09% em Portugal, de 22,88% para 56,27% na Região Centro e de 21,15% para 52,61% no concelho do Fundão. Resumindo, num espaço de 10 anos a média nacional de proporção de utilização do automóvel nas deslocações passou para mais do que o dobro, sendo esse aumento ainda mais significativo na Região Centro.

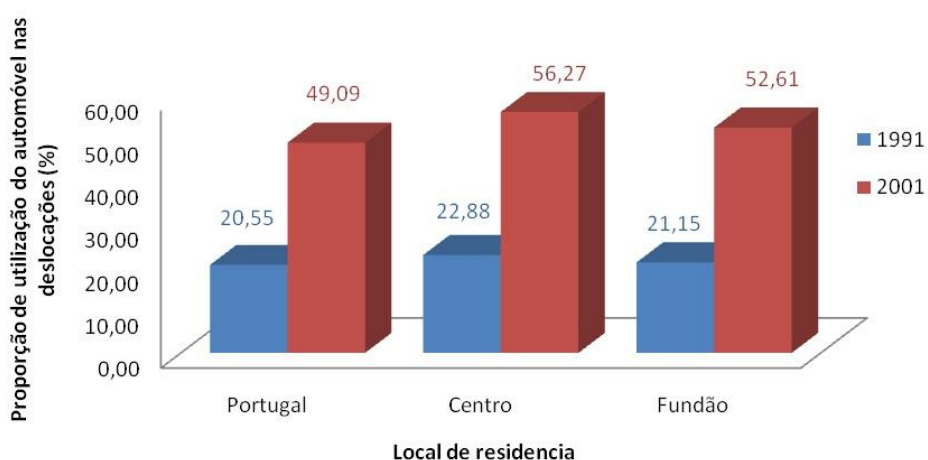


Figura 41 - Proporção de utilização do automóvel nas deslocações (%) por local de residência nos anos de 1991 e 2001.
(Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

Já em relação à evolução da proporção de utilização do automóvel nas deslocações nas freguesias do concelho do Fundão, representada pela figura 42, verifica-se que o grande aumento registado, a nível nacional e da Região Centro de 1991 a 2001, também se verificou nas freguesias do Fundão, havendo um aumento para mais do dobro em quase todas as freguesias. Estes dados não são em nada favoráveis aos transportes públicos uma vez que existem oito freguesias, Alcária, Alcongosta, Aldeia de Joanes, Aldeia Nova

do Cabo, Donas, Fatela, Souto da Casa e Valverde, onde a proporção de utilização do automóvel nas deslocações superior a 60%.

O caso mais preocupantes diz respeito a Valverde onde a proporção de utilização do automóvel nas deslocações em 2001 atinge os 71,94%, ou seja, quase todas as deslocações são efectuadas de automóvel. Este facto é curioso uma vez que a freguesia de Valverde faz fronteira com a freguesia do Fundão pelo que seria de esperar que a utilização de transportes públicos fosse mais intensa, devido ao percurso ser menos moroso, o que leva a pensar que os transportes públicos nesta freguesia não estejam a ser eficientes. No extremo oposto aparecem as freguesias de Bogas de Cima e Janeiras de Cima com uma proporção de utilização do automóvel nas deslocações em 2001 de 13,92% e 17,02% respectivamente, estes valores poderiam levar a pensar que nestas freguesias o uso dos transportes públicos é prática comum, mas dificilmente este panorama será realista. Uma explicação possível é que, como são freguesias onde o nível de desenvolvimento é baixo, as pequenas deslocações são efectuadas recorrendo ainda a meios de transporte não motorizados.

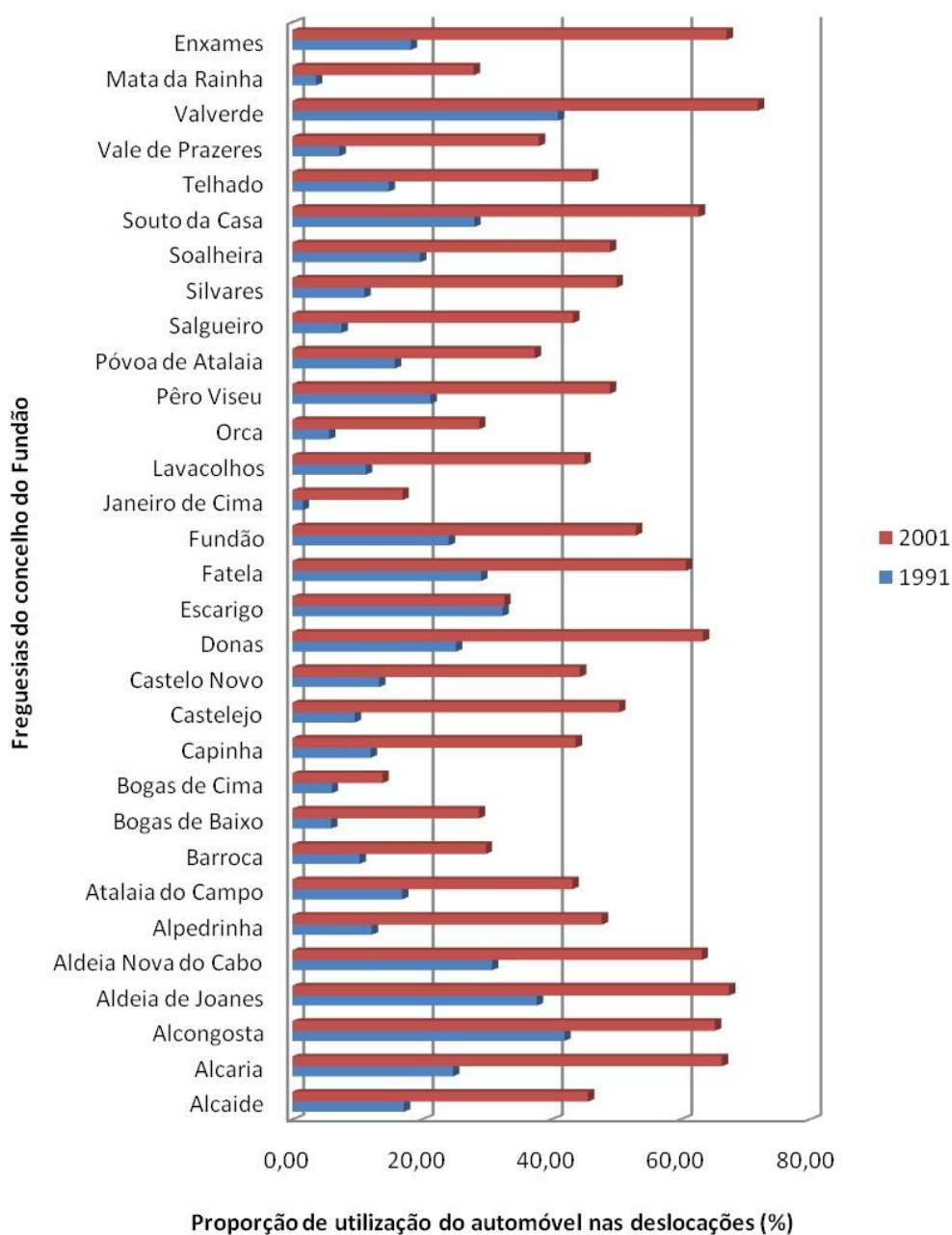


Figura 42 - Proporção de utilização do automóvel nas deslocações (%) por Freguesia do concelho do Fundão nos anos de 1991 e 2001.
(Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

Através da tabela 4 referente ao aumento da proporção de utilização de automóvel nas deslocações (%) de 1991 para 2001, verifica-se que à imagem do que acontece a nível nacional e da Região Centro, também as freguesias do concelho do Fundão apresentam valores de aumento na ordem dos 30%. Os casos em que o aumento foi mais acentuado foram as freguesias de Alcaria, Castelejo e Enxames todas com aumentos superiores a 40%, a freguesia de Enxames apresenta o maior aumento de 48,85%. Para além destas

existem ainda um número considerável de freguesias onde o aumento fica próximo dos 40%. No extremo oposto aparecem destacadas as Freguesias de Escarigo e de Bogas de Cima, ambas com valores abaixo dos 10%, 0,28% e 7,84% respectivamente.

Tabela 4 - Aumento da proporção de utilização de automóvel nas deslocações (%) de 1991 para 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

Local de residência	Proporção de utilização do automóvel nas deslocações (%)		Aumento da proporção de 1991 para 2001
	Ano de 1991	Ano de 2001	
Portugal	20,55	49,09	28,54
Centro	22,88	56,27	33,39
Fundão	21,15	52,61	31,46
Alcaide	17,22	45,69	28,47
Alcaria	24,81	66,4	41,59
Alcongosta	42,07	65,32	23,25
Aldeia de Joanes	37,79	67,51	29,72
Aldeia Nova do Cabo	30,85	63,27	32,42
Alpedrinha	12,26	47,83	35,57
Atalaia do Campo	16,94	43,28	26,34
Barroca	10,38	29,89	19,51
Bogas de Baixo	6	28,81	22,81
Bogas de Cima	6,08	13,92	7,84
Capinha	12,09	43,81	31,72
Castelejo	9,62	50,54	40,92
Castelo Novo	13,4	44,44	31,04
Donas	25,29	63,48	38,19
Escarigo	32,48	32,76	0,28
Fatela	29,17	60,85	31,68
Fundão	24,18	53,12	28,94
Janeiro de Cima	1,6	17,02	15,42
Lavacolhos	11,34	45,16	33,82
Orca	5,68	28,86	23,18
Pêro Viseu	21,35	49,07	27,72
Póvoa de Atalaia	15,83	37,45	21,62
Salgueiro	7,59	43,38	35,79
Silvares	11,13	50,12	38,99
Soalheira	19,72	49,1	29,38
Souto da Casa	28,13	62,82	34,69
Telhado	14,88	46,3	31,42
Vale de Prazeres	7,26	38,11	30,85
Valverde	41,07	71,94	30,87
Mata da Rainha	3,64	28	24,36
Enxames	18,3	67,15	48,85

8.6.2 MOVIMENTOS PENDULARES

A análise dos movimentos pendulares de uma determinada população contribui para o conhecimento das unidades espaciais envolvidas e constitui um importante instrumento no processo de tomada de decisão, quer a nível regional, nacional entre outros, sendo conhecidas as relações directas entre mobilidade, ordenamento do território e qualidade ambiental (GEP, 2003).

Considerando a relevância destes movimentos, o Instituto Nacional de Estatística, o Gabinete de Estudos e planeamento do Ministério das Obras Públicas, transportes e Habitação (MOPTH) e a Auditoria Ambiental do MOPTH assinaram um protocolo com vista à elaboração de um estudo sobre os movimentos pendulares, tendo por base os resultados dos dois últimos recenseamentos Gerais da População (1991 e 2001) (GEP, 2003). Este estudo foi elaborado apenas para as duas maiores áreas metropolitanas de Portugal, Lisboa e Porto.

A semelhança do estudo elaborado para as áreas metropolitanas de Lisboa e Porto, será realizado um pequeno estudo dos movimentos pendulares no município do Fundão. Este estudo incide principalmente sobre a análise das deslocações pendulares diárias das populações entre o local de residência e o local de trabalho ou estudo, bem como sobre os modos de transporte utilizados e os tempos médios gastos nessas deslocações. Na elaboração deste pequeno estudo apenas serão utilizados dados dos censos de 2001, para o município do Fundão.

8.6.2.1 MODOS DE TRANSPORTE NOS MOVIMENTOS PENDULARES

Comparando os meios de transporte utilizados nos movimentos pendulares, por percentagem de utilizadores em Portugal, Região Centro e Fundão, à data dos censos de 2001, através da análise da figura 43, verifica-se que o concelho do Fundão apresenta uma percentagem bastante superior de pessoas que efectuem os seus movimentos pendulares a pé com uma percentagem de 34,95%, contra os 24,92% verificados para o território nacional e os 23,92% da Região Centro. Este indicador é favorável a nível ambiental, mas também reflecte uma população com menores níveis de desenvolvimento. Este valor era previsível, tendo em conta o grande número de habitantes que tem como actividade económica a agricultura, em que por norma, os terrenos são perto de casa e os agricultores deslocam-se a pé.

Relativamente à percentagem de população que utiliza o autocarro nas suas deslocações pendulares pode-se verificar que Portugal apresenta um valor de 15,80% aproximadamente 5% mais elevado que na Região centro e no município do Fundão, esta diferença pode dever-se ao facto dos territórios do interior do país estarem menos bem servidos no que diz respeito aos transportes públicos, que muitas vezes são raros e de mais difícil viabilização, o que faz com que os horários não sejam os mais adequados e as viagens muito demoradas.

Quanto a utilização de eléctricos ou metropolitanos, como seria de esperar, a utilização na Região Centro e no Fundão é nula uma vez que estes meios de transportes são inexistentes. Mesmo a nível nacional estes meios de transporte são muito pouco utilizados apresentando uma percentagem de apenas 0,62%.

O comboio é um meio de transporte também pouco utilizado para deslocações pendulares, apresentando em 2001, percentagens bastante baixas de 3,18% para Portugal, 1,24% para a Região Centro e 0,31% para o Fundão.

O transporte colectivo da empresa ou da escola existe em função das instituições que o disponibilizem, e a percentagem de utilizados é semelhante para Portugal, Região Centro e Fundão e é de cerca de 5%, um pouco mais baixo no concelho do Fundão.

O meio de transporte mais utilizado nos movimentos pendulares por percentagem de utilizadores é sem dúvida o automóvel ligeiro “*como condutor*”, como se pode verificar pela figura 43, apresentando valores de 34,69% para Portugal, 39,79% para a Região Centro e 34,24% para o concelho do Fundão. Esta realidade não é muito favorável em termos ambientais uma vez que o nível de poluição emitida é muito maior com a utilização do transporte privado em detrimento do transporte público. Mas, principalmente nas regiões mais interiores do país, as alternativas são escassas e as que existem muitas vezes são pouco eficientes o que favorece a cada vez maior utilização dos meios de transporte privados em detrimento do transporte público.

A outra vertente do transporte de passageiros em automóvel ligeiro, “*como passageiro*”, apresenta valores de 10,69% para Portugal, 12,01% para a Região Centro e 13,35% para o concelho do Fundão, valores que não atingem sequer metade da utilização do automóvel como condutor. Estes dados levantam uma questão bastante importante, que se prende com o facto da maior parte das utilizações do automóvel ligeiro privado serem efectuadas apenas com um passageiro, o que revela uma ainda menor eficiência da

energia, que poderia ser melhorada com a utilização conjunta deste meio de transporte. Contudo, comparando o concelho do Fundão com a realidade nacional e da Região Centro observa-se que este apresenta uma percentagem mais elevada (ainda que pequena) de pessoas que partilham a viatura.

O motociclo ou bicicleta apresenta valores bastante baixos para as três realidades em análise, apresentando valores de 3,19% para Portugal, 5,50% para a Região Centro e apenas 1,03% para o concelho do Fundão, estes dados reflectem a pequena adesão da população portuguesa e meios de transporte ambientalmente correctos como a bicicleta. A utilização da bicicleta como meio de transporte apresenta várias vantagens, não emite poluição, é um meio de transporte barato uma vez que não consome combustível, é saudável, entre outras, mas para que a bicicleta se possa afirmar como meio de transporte para movimentos pendulares, que por norma são pouco extensos, muito há ainda por fazer, quer a nível da mentalidade das populações, quer a nível de infra-estruturas como as ciclovias, que são quase inexistentes na maior parte das cidades portuguesas.

A percentagem de utilizadores que utiliza outro meio de transporte ou que a situação não se aplica, apresenta valores muito baixos, praticamente irrelevantes.

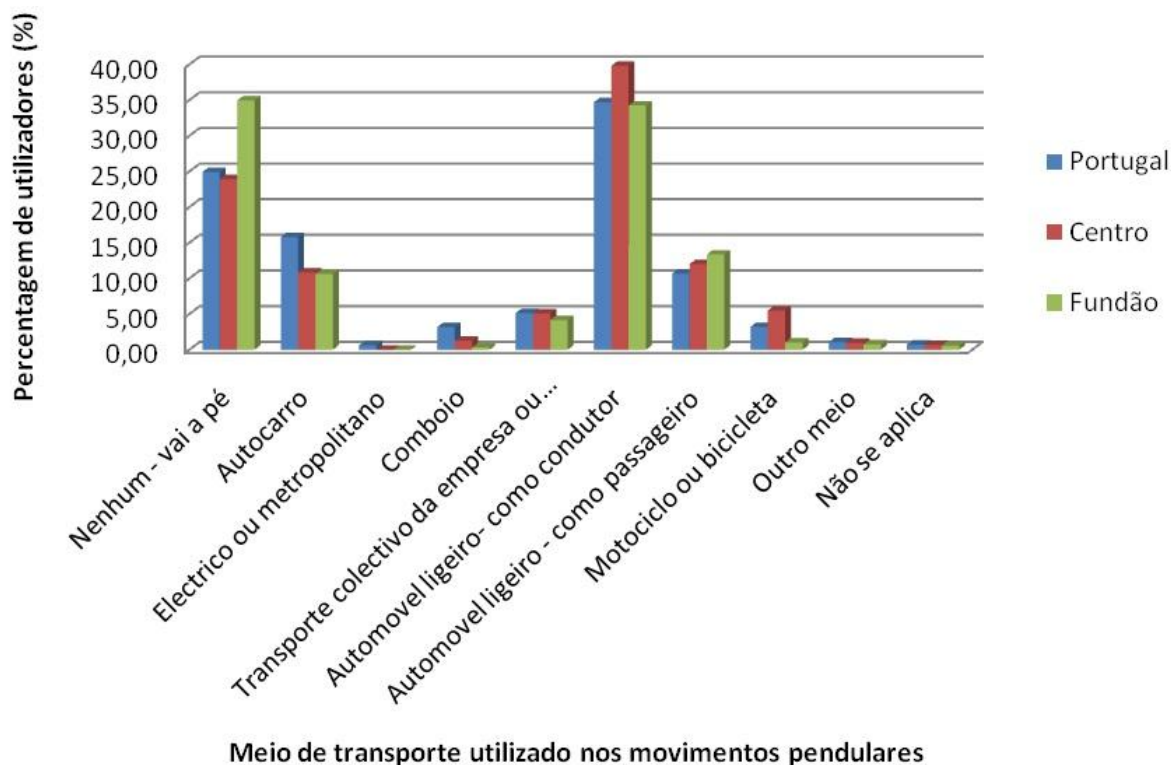


Figura 43 - Meio de transporte utilizado nos movimentos pendulares por percentagem de utilizadores. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

Numa perspectiva mais restrita, vai-se agora analisar os meios de transporte utilizados nos movimentos pendulares nas várias freguesias do concelho do Fundão, tabela 5, nesta análise foram excluídos os meios de transporte eléctrico ou metropolitano, comboio, outro meio e não se aplica devido à sua percentagem ser muito baixa ou até inexistente.

Existem várias freguesias do concelho do Fundão em que grande percentagem da população efectua os seus movimentos pendulares a pé, como se pode verificar pela tabela 5, havendo mesmo, um número significativo de freguesias em que a percentagem de população que efectua estas deslocações a pé fica próximo dos 50%, como é o caso de Bogas de Baixo, Bogas de Cima, Fundão, Janeiras de Cima e ainda freguesias que ultrapassam os 50% como Alpedrinha com 51,10%, Orca com 53,95% e o caso mais extremo de Mata da Rainha com 66,67%.

A percentagem de utilização do autocarro como meio de transporte nos movimentos pendulares é bastante baixa em quase todas as freguesias, havendo apenas quatro freguesias em que a percentagem de utilização do autocarro está acima dos 25%, Alcaide com 29,72%, Escarigo com 32,61%, Janeiro de Cima com 26,87 e Lavacolhos com 25,32%. No extremo oposto existem várias freguesias em que a percentagem de

utilização do autocarro não atinge sequer os 10 %, que é o caso de Aldeia de Joanes com 5,28%, Alpedrinha com 1,89%, Fundão com 2,25%, Orca com 6,53%, Silvares com 7,84% e por fim o caso mais extremo de Mata da Rainha com 0,00%. Para além de todos estes valores serem preocupantes devido a pequena adesão aos transportes públicos, o que maior preocupação levanta são os 2,25% verificados na freguesia do Fundão, uma vez que se trata de sede de concelho e então devido ao elevado número de habitantes, em relação as restantes freguesias, seria de esperar uma maior adesão aos transportes públicos.

A percentagem de população que utiliza o transporte colectivo da empresa ou da escola não é muito elevada, ficando-se por um máximo de 15,23% verificado na freguesia de Capinha. Existem, inclusive, um grande número de freguesias em que a percentagem de utilização deste meio de transporte não atinge sequer os 5%.

Em relação a percentagem de utilização do automóvel ligeiro como condutor, verifica-se que esta é bastante elevada quando comparada com as restantes meios de transporte, ficando na maioria das freguesias acima dos 30%. Os casos em que a utilização deste meio de transporte é mais elevada são as freguesias de Aldeia de Joanes com 47,53%, quase metade dos movimentos pendulares desta freguesia, Alcária com 39,17%, Alcongosta com 40,27%, Aldeia Nova do Cabo com 39,70%, Souto da Casa com 39,34% e Valverde com 41,08%. No extremo oposto, com menor percentagem de utilização do automóvel como condutor, aparecem as freguesias de Bogas de Cima com 11,17% e Janeiro de Cima com 12,69% com valores bastante inferiores a media nacional e do concelho do Fundão.

A utilização do transporte privado em detrimento do transporte público não é uma escolha ambientalmente correcta, mas o que faz com que esta opção seja ainda pior em termos ambientais prende-se com o facto da percentagem de utilizadores automóvel ligeiro como passageiro ser tão baixa, o que significa que maior parte dos automóveis circulam apenas com um passageiro, o que se reflecte numa perda energética significativa. Nas freguesias do concelho do Fundão a percentagem de veículos que circula apenas com um passageiro, ou seja, a diferença entre a percentagem de utilização do automóvel ligeiro como condutor com a percentagem de utilização do automóvel ligeiro como passageiro, anda por volta dos 20%, sendo os casos mais preocupantes de Alcongosta com 25,26%, Aldeia Nova do Cabo com 30,66%, Capinha com 25,51% e Fundão com 25,89%. As melhores práticas a este nível, são verificadas nas freguesias de Mata da Rainha com uma diferença de 1,75%, Bogas de Baixo com 6,25%.

Por fim, no que diz respeito a utilização de motociclo ou bicicleta nos movimentos pendulares, verifica-se que os valores são muito baixos para todas as freguesias, sendo o valor mais alto registado para em Telhado com 5,86%, seguido de Bogas de Baixo com 3,13% e Castelejo com 2,65. Existem várias freguesias onde a percentagem da utilização deste meio de transporte nos movimentos pendulares é nula.

Tabela 5 - Meio de transporte utilizado nos movimentos pendulares nas várias freguesias do Fundão, por percentagem de utilizadores.
(Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

	Meio de transporte utilizado nos movimentos pendulares					
	Nenhum - vai a pé (%)	Autocarro (%)	Transporte colectivo da empresa ou da escola (%)	Automóvel ligeiro - como condutor (%)	Automóvel ligeiro - como passageiro (%)	Motociclo ou bicicleta (%)
Alcaide	22,92	29,72	4,03	30,98	9,07	0,76
Alcaria	19,39	13,77	3,21	39,17	21,93	1,47
Alcongosta	25,60	15,70	1,71	40,27	15,02	0,00
Aldeia de Joanes	24,02	5,28	5,11	47,53	16,87	0,34
Aldeia Nova do Cabo	22,61	16,33	2,01	39,70	17,59	1,26
Alpedrinha	51,10	1,89	3,15	30,28	11,67	0,63
Atalaia do Campo	37,30	12,30	10,66	24,59	11,89	0,82
Barroca	39,58	21,67	13,33	18,75	4,58	2,08
Bogas de Baixo	43,75	10,94	12,50	17,19	10,94	3,13
Bogas de Cima	46,81	24,47	13,83	11,17	1,06	0,53
Capinha	19,75	17,70	15,23	34,16	8,64	0,41
Castelejo	28,32	21,53	2,95	30,68	12,98	2,65
Castelo Novo	34,12	22,94	1,18	31,18	10,00	0,59
Donas	29,59	12,12	0,89	38,32	16,58	1,25
Escarigo	34,78	32,61	1,45	22,46	6,52	0,72
Fatela	17,74	20,65	5,81	32,58	20,00	1,61
Fundão	44,91	2,25	1,94	37,83	11,94	0,30
Janeiro de Cima	47,01	26,87	11,94	12,69	1,49	0,00
Lavacolhos	34,18	25,32	0,00	30,38	6,33	2,53
Orca	53,95	6,53	9,62	21,65	4,81	1,03
Pêro Viseu	32,14	21,43	2,14	29,05	12,14	2,62
Póvoa de Atalaia	31,20	11,37	14,58	23,32	11,66	0,58
Salgueiro	31,70	14,12	9,80	25,36	12,97	1,73
Silvares	38,43	7,84	3,54	27,61	17,72	1,68
Soalheira	30,37	19,34	5,03	32,30	8,90	0,77
Souto da Casa	18,90	18,46	1,10	39,34	16,92	2,20
Telhado	26,37	24,54	2,56	30,40	8,42	5,86
Vale de Prazeres	32,95	15,31	13,92	23,67	7,42	2,55
Valverde	15,33	11,67	4,58	41,08	23,23	2,06
Mata da Rainha	66,67	0,00	0,00	17,54	15,79	0,00
Enxames	22,26	14,96	1,09	33,58	25,18	0,00

8.6.2.2 DURAÇÃO MÉDIA DOS MOVIMENTOS PENDULARES

A duração dos movimentos pendulares é um factor que faz todo o sentido analisar quando se está a tentar perceber quais as movimentações de uma população, uma vez que vai dar uma ideia da distância que as populações têm que percorrer todos os dias para ir para a escola ou trabalho.

Através da figura 44 verifica-se que a duração média dos movimentos pendulares é maior em Portugal com 22,40min, seguido da Região Centro com 17,17min e por fim o concelho do Fundão com 14,61min. Apesar de haverem vários factores que podem afectar a duração média dos movimentos pendulares como a trânsito, que logicamente será sentido mais intensamente nas grandes cidades, a qualidade dos transportes, entre outros, tudo indica que no concelho do Fundão as populações percorrem em média menos quilómetros para fazer as suas movimentações pendulares do que as populações de Portugal, em geral, e da Região Centro.

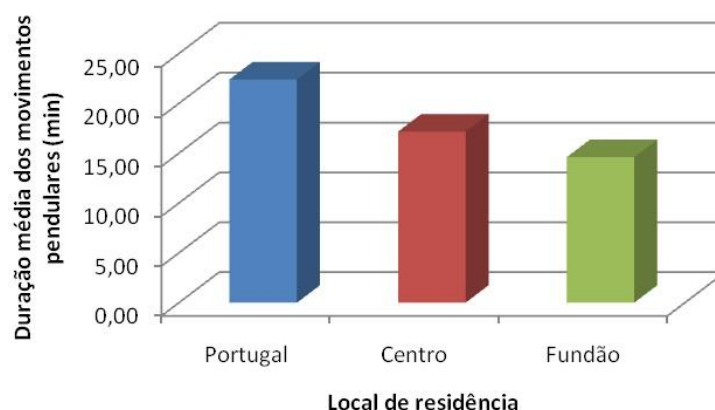


Figura 44 - Duração média dos movimentos pendulares (min) por local de residência, em 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

Já em relação a duração média dos movimentos pendulares nas freguesias do concelho do Fundão, ilustradas na figura 45, verifica-se que a freguesia que mais tempo demora a efectuar os seus movimentos pendulares é Janeiro de Cima com uma média de 32,95min, este valor elevado pode estar relacionado com o facto de Janeiras de Cima ter das maiores percentagens de utilização do autocarro, entre as várias freguesias, como meio de transporte mais utilizado nos movimentos pendulares de 26,87%, outro factor importante pode ser a localização desta freguesia, uma vez que é das que se encontra mais distante da sede de concelho.

As restantes freguesias do concelho do Fundão apresentam durações médias dos movimentos pendulares próximos do 20min, havendo apenas algumas freguesias onde

esta média ronda os 10%, como é o caso Valverde com 10,53min, Alcongosta com 10,64min e o caso mais extremo de Mata da Rainha com 8,21min. Este último valor pode ser explicado comparando a tabela 5, referente ao meio de transporte utilizado nos movimentos pendulares, com a figura 45, da duração média dos movimentos pendulares, uma vez que na tabela 5 verifica-se que 66,67% da população efectua os seus movimentos pendulares a pé, o que significa que virem perto do local de trabalho ou estudo, logo justifica o valor tão baixo da duração média dos movimentos pendulares apresentado na figura 41.

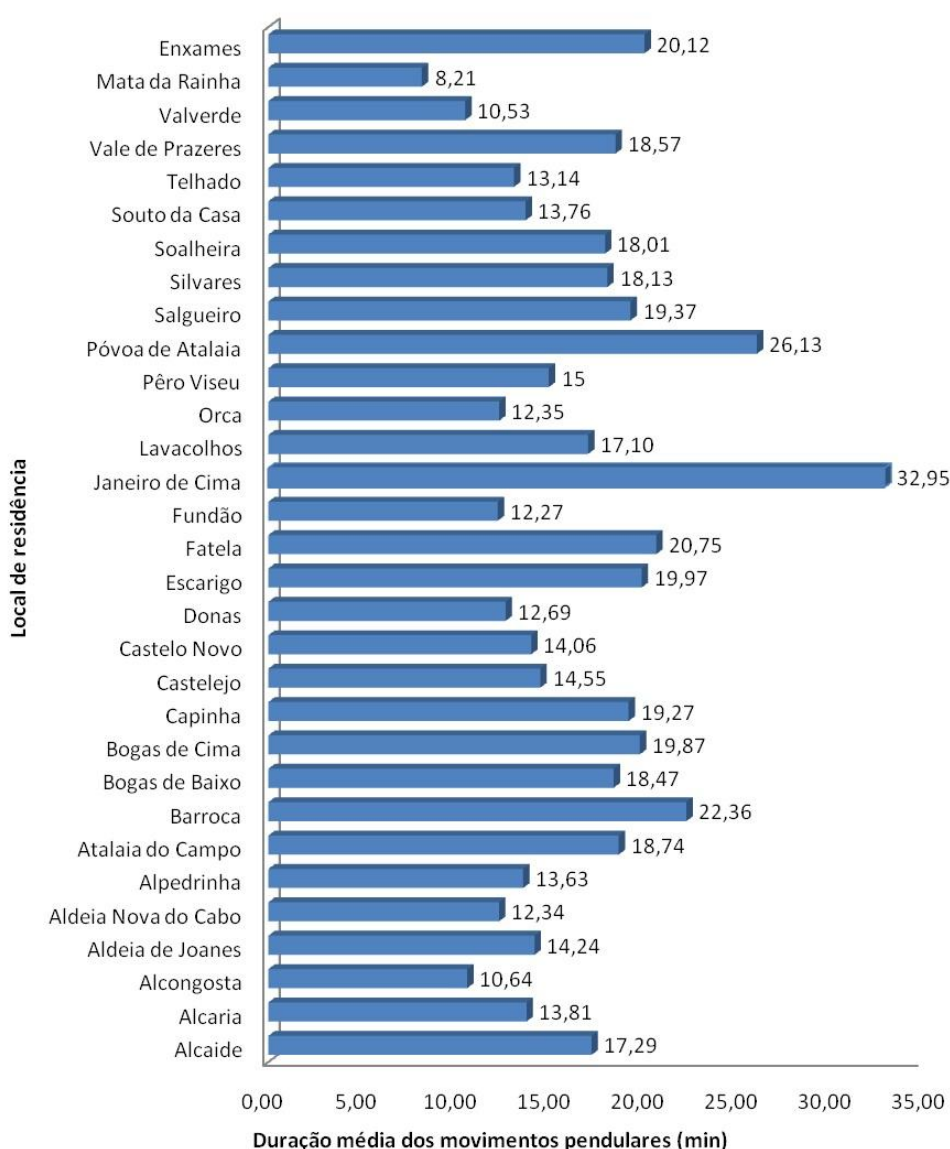


Figura 45 - Duração média dos movimentos pendulares (min) por freguesia do Fundão, em 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

No que diz respeito a duração dos movimentos pendulares, através de uma análise global dos dados, percebe-se que a maioria destes movimentos demora, em norma,

menos de 60 minutos, havendo apenas a destacar o caso de Bogas de Baixo com 7,81% dos movimentos pendulares entre 61 e 90 minutos, Bogas de Cima com 12,77% dos movimentos pendulares entre 61 e 90 minutos e Janeiras de Cima que apresenta 14,93% dos movimentos pendulares entre 61 e 90 minutos e 11,19% dos mesmos com mais de 90 minutos. Estes dados não são de estranhar uma vez que já anteriormente, na análise da figura 41, tinha ficado demonstrado que a população de Janeiras de Cima efectuava deslocações pendulares mais demoradas. Outro aspecto importante a destacar prende-se com o facto das três freguesias com maior duração dos movimentos pendulares, serem as mais afastadas da sede de concelho, Fundão, logo partindo do princípio que o Fundão é o destino da maioria das deslocações pendulares, tem lógica que estas sejam mais demoradas para as freguesias mais afastadas.

Passando agora a uma análise mais detalhada das restantes freguesias, destacando os casos mais extremos, observa-se que a freguesia de Mata da Rainha apresenta uma percentagem bastante elevada de população que não demora tempo nenhum nas suas movimentações pendulares com um valor de 54,39%, este valor é bastante evidente uma vez que as restantes freguesias apresentam percentagens significativamente mais baixas.

Os movimentos pendulares com duração até aos 15 minutos são os mais representativos nas freguesias do concelho do Fundão, destacando-se Alcongosta com uma percentagem de 66,55%, Fundão com 73,62% e ainda Valverde com 78,95%. Esta duração dos movimentos pendulares deixa evidente que são freguesias em que as populações residem perto do local de trabalho ou estudo, e cruzando novamente esta informação com os dados geográficos, verifica-se que estas freguesias com esta percentagem elevada, dizem respeito a sede de concelho, Fundão, e a duas freguesias que fazem fronteira com o Fundão, comprovando novamente que a maioria dos movimentos pendulares têm como destino o Fundão.

Por fim destacam-se ainda os movimentos pendulares com uma duração entre os 16 e 30 minutos, uma vez que apresentam percentagens bastante significativas, como é o caso de Alcaide com 50,13%, Fatela com 56,13%, Lavacolhos com 50,63% e ainda Enxames 55,11%.

Tabela 6 - Duração dos movimentos pendulares (min) por freguesia do Fundão, à data dos Censos 2001. (Baseado em dados do Instituto Nacional de Estatística)

	Nenhum (%)	Até 15 minutos (%)	16 a 30 minutos (%)	31 a 60 minutos (%)	61 a 90 minutos (%)	Mais de 90 minutos (%)	Não se aplica (%)
Alcaide	10,33	32,75	50,13	5,04	0,50	0,50	0,76
Alcaria	9,63	48,40	39,30	2,54	0,00	0,00	0,13
Alcongosta	10,24	66,55	19,45	2,39	0,00	0,34	1,02
Aldeia de Joanes	9,03	57,07	27,43	5,79	0,34	0,00	0,34
Aldeia Nova do Cabo	11,56	61,56	22,11	4,27	0,00	0,25	0,25
Alpedrinha	15,30	51,89	27,44	4,57	0,00	0,47	0,32
Atalaia do Campo	13,52	34,84	35,66	13,93	0,00	2,05	0,00
«Barroca	29,17	18,75	25,42	25,42	0,42	0,83	0,00
Bogas de Baixo	23,44	34,38	18,75	15,63	7,81	0,00	0,00
Bogas de Cima	21,28	41,49	4,79	18,09	12,77	1,60	0,00
Capinha	9,88	27,98	46,91	13,58	0,41	1,23	0,00
Castelejo	12,09	42,48	41,30	3,54	0,00	0,29	0,29
Castelo Novo	22,35	33,53	32,94	10,59	0,59	0,00	0,00
Donas	22,99	52,94	17,29	4,99	0,53	1,07	0,18
Escarigo	22,46	15,94	40,58	20,29	0,00	0,00	0,72
Fatela	14,19	20,65	56,13	6,77	1,94	0,32	0,00
Fundão	5,72	73,62	14,21	5,05	0,42	0,56	0,41
Janeiro de Cima	5,97	42,54	6,72	18,66	14,93	11,19	0,00
Lavacolhos	21,52	22,78	50,63	3,80	0,00	1,27	0,00
Orca	38,49	24,74	25,09	9,28	0,69	0,69	1,03
Pêro Viseu	14,29	38,57	40,95	5,95	0,24	0,00	0,00
Póvoa de Atalaia	9,33	32,65	36,44	10,79	4,96	4,96	0,87
Salgueiro	12,97	38,33	27,67	16,43	0,86	2,31	1,44
Silvares	10,07	50,00	25,19	8,02	1,31	2,80	2,61
Soalheira	11,03	37,14	39,07	8,12	0,77	1,35	2,51
Souto da Casa	9,67	59,78	23,74	3,96	0,44	1,76	0,66
Telhado	23,44	34,43	35,90	4,76	0,00	0,37	1,10
Vale de Prazeres	14,15	40,14	29,00	13,46	0,23	2,55	0,46
Valverde	4,23	78,95	12,93	2,63	0,23	0,00	1,03
Mata da Rainha	54,39	21,05	17,54	7,02	0,00	0,00	0,00
Enxames	15,69	17,15	55,11	9,12	0,36	1,46	1,09

Esta análise do enquadramento territorial, empregos e actividades económicas e ainda meios de transporte e deslocações, é de extrema relevância para um projecto que tenha em vista a optimização dos meios de transporte de uma região, neste caso de um concelho, uma vez que não é possível estabelecer medidas e metas a atingir se não se souber o ponto de partida em que o caso de estudo se encontra. É preciso saber quais os maiores fluxos de população, quais os meios de transporte que usualmente utilizam para sua deslocação, quais as maiores dificuldades que encontram, entre vários outros aspectos.

De uma forma geral a análise destes dados deram para perceber que a maioria da população das freguesias do Fundão, efectua os seus movimentos pendulares tendo como destino a freguesia do Fundão, que a maioria da população não tem por hábito utilizar os transportes públicos, optando pela utilização de veículo privado. Percebe-se também que a utilização do veículo privado é efectuada de uma forma pouco eficiente, uma vez que grande parte destes casos a utilização é feita apenas pelo condutor, levando lugares vagos que poderiam ser ocupados por outras pessoas que tenham o mesmo destino e que também levam o seu veículo privado. Por fim destaca-se ainda o facto da maioria dos movimentos pendulares serem de curta duração, pelo que teriam um grande potencial para serem efectuados por uma rede de transportes públicos eficientes e com grande aderência por parte da população.

O facto de grande parte dos dados serem relativamente antigos, censos de 2001, pode fazer com que algumas das conclusões retiradas já estejam desactualizadas e portanto sem valor, mas como não está disponível este tipo de informação mais recente, torna-se preferível utilizar estes dados mais antigos, do que se partir sem qualquer tipo de informação sobre as especificidades do concelho.

8.7 DADOS PROVENIENTES DO FUNDÃO

Neste ponto será analisada toda a informação que foi possível recolher junto da C.M. Fundão e das principais empresas prestadoras de serviços no âmbito da mobilidade. Aquando do início desta dissertação pensou-se que seria possível recolher informações mais detalhadas relativas ao número de pessoas a transportar, percursos efectuados, valores monetários envolvidos, entre outros. No entanto, através do contacto com o município e com as empresas percebeu-se que este tipo de informação nem sempre está disponível.

Através da colaboração com a C.M. Fundão e com a empresa Rodoviária da Beira Interior foi possível reunir alguma informação, que apesar de não ter o pormenor desejado para cumprir os objectivos iniciais da presente dissertação, será utilizada para efectuar uma primeira estimativa, das emissões de poluentes por parte da rede de transportes públicos do município do Fundão.

8.7.1 EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVIÇOS

Os transportes públicos da C.M. Fundão são da responsabilidade de duas empresas prestadoras de serviços locais, a principal é a Rodoviária da Beira Interior (RBI), que colaborou com a presente dissertação, através do fornecimento de dados relativos às características da frota de veículos a prestar serviços para a C.M. Fundão e ainda com informações relativas aos trajectos efectuados com o fornecimento de tabelas quilométricas. Existe ainda uma outra transportadora local, mas não será mencionada na presente dissertação uma vez que, apesar de ter sido contactada, não se mostrou disponível para colaborar com a presente dissertação.

8.7.1.1 CARACTERÍSTICAS DA FROTA DA RBI

Ao analisar a listagem da frota da RBI, afecta ao município do Fundão, que é constituída por 27 veículos e se encontra representada no Anexo C, percebe-se que se trata de uma frota com uma idade considerável, estando a idade média da mesma a rondar os 18 anos. Contudo, apesar da idade média ser de 18 anos, existe um número considerável de veículos com mais e 20 anos e ainda quatro veículos com idade igual ou superior a 25 anos.

É compreensível que, com a fraca adesão aos transportes públicos, que se materializa num pequeno encaixe financeiro por parte das empresas, seja impossível para estas, renovar as suas frotas com veículos mais recentes. Porém, é possível que estejam a ser exercidas pressões ambientais excessivas, uma vez que uma frota mais recente emite menores quantidades de poluentes e consequentemente exercer menores pressões ambientais.

Nesta parte, faz ainda sentido referir os percursos efectuados pela RBI, afectos ao município do Fundão. Estes percursos foram fornecidos pela RBI através de tabelas quilométricas, onde é referido a origem e o destino, a distância percorrida por percurso e ainda a frequência com que este percurso é efectuado. Esta informação é de extrema importância para o cálculo das emissões de poluentes e do consumo de combustível, referentes ao caso de estudo.

Assim sendo, de seguida será elaborada uma pequena descrição das carreiras, quilómetros percorridos e dias afectos, dos serviços prestados pela RBI a CMF. Estes dividem-se em 9 carreiras principais, Alcafozes – Fundão, Bogas do Meio – Fundão, Castelo Branco (Estação) – Covilhã, Escarigo – Fundão (Estação), Freixial – Fundão,

Fundão – Soalheira, Fundão (Estação) – Mata da Rainha, Fundão (Estação) – Orvalho e Fundão (Estação) – Penamacor, estas carreiras subdividem-se ainda em carreiras com percursos mais pequenos, que fazem a ligação entre freguesias da carreira principal.

1) Alcafozes – Fundão

Tabela 7 - Características do percurso Alcafozes - Fundão

Origem	Destino	Distância percorridos (km)	Número de vezes que efectua o percurso por dia	Dias semanais que efectua o percurso
Alcafozes	Fundão	90,4	1	B
Orca	Fundão	47,6	3	A
Fundão	Alcafozes	90,4	1	B
Fundão	Orca	47,6	2	A
Orca	Vale Prazeres	33,0	1	A

A – Excepto sábados, domingos e feriados

B – Nos dias de Feira no Fundão

2) Bogas do Meio – Fundão

Tabela 8 -Características do percurso Bogas do Meio - Fundão

Origem	Destino	Distância percorridos (km)	Número de vezes que efectua o percurso por dia	Dias semanais que efectua o percurso
Bogas do Meio	Fundão	43,3	2	A, B
Enxabarda	Fundão	13,1	1	C
Bogas do Meio	Fundão	43,3	1	C
Enxabarda	Ponte do Castelejo	3,4	1	C
Fundão	Bogas do Meio	43,3	1	C
Ponte do Castelejo	Enxabarda	3,4	1	D
Fundão (Estação)	Bogas do Meio	43,3	2	A, B

A – Às segundas e sextas excepto feriados

B – Excepto segundas, sextas, sábados, domingos e feriados

C – Nos dias de mercado no Fundão

D – Nos períodos escolares de terça a sexta excepto feriados

3) Castelo Branco (Estação) – Covilhã**Tabela 9 - Características do percurso Castelo Branco - Covilhã**

Origem	Destino	Distância percorridos (km)	Número de vezes que efectua o percurso por dia	Dias semanais que efectua o percurso
Castelo Branco (estação)	Covilhã	74,08	4	A
Covilhã	Castelo Branco (estação)	74,08	4	A

A – Excepto sábados, domingos e feriados

4) Escarigo – Fundão (Estação)**Tabela 10 - Características do percurso Escarigo - Fundão (Estação)**

Origem	Destino	Distância percorridos (km)	Número de vezes que efectua o percurso por dia	Dias semanais que efectua o percurso
Escarigo	Fundão (estação)	32,4	3	A
Zona Industrial	Fundão (estação)	4,2	5	A
Alcaria	Fundão (estação)	7,4	2	B, D
Peroviseu	Fundão (estação)	13,2	1	C
Fundão (estação)	Zona Industrial	4,2	6	A
Fundão (estação)	Escarigo	32,4	3	A
Fundão (estação)	Capinha	20,8	1	C

A – Excepto sábados, domingos e feriados

B – Às quintas e sextas excepto feriados

C – Nos períodos escolares excepto sábados, domingos e feriados

Nos períodos não escolares às segundas excepto feriados

D – Nos períodos escolares às quartas e sextas excepto feriados

5) Freixial – Fundão (Estação)**Tabela 11 - Características do percurso Freixial - Fundão (Estação)**

Origem	Destino	Distância percorridos (km)	Número de vezes que efectua o percurso por dia	Dias semanais que efectua o percurso
Freixial	Fundão (estação)	6,08	7	4xA, B, C, D
Fundão (estação)	Freixial	6,08	7	4xA, B, C, D

A – Excepto sábados, domingos e feriados

B – Nos períodos escolares excepto sábados, domingos e feriados

C – Nos períodos não escolares excepto sábados, domingos e feriados

D – Nos dias de mercado no Fundão

6) Fundão – Soalheira

Tabela 12 - Características do percurso Fundão - Soalheira

Origem	Destino	Distância percorridos (km)	Número de vezes que efectua o percurso por dia	Dias semanais que efectua o percurso
Povoa da Atalaia	Soalheira	6,0	1	A
Fundão	Alcaide	10,0	3	A, B, D
Fundão	Alcongosta	2,0	3	A, B, C
Castelo Novo	Atalaia do Campo	9,0	1	B
Fundão	Soalheira	43,78	2	E, F
Povoa da Atalaia	Soalheira	6,0	1	A, G, H
Soalheira	Fundão	43,78	2	E, F
Alcongosta	Fundão	2,0	3	A, B
Alcaide	Fundão	10,0	5	A, B, D
Soalheira	Povoa da Atalaia	6,0	3	A, G, H
Atalaia do Campo	Castelo Novo	5,0	1	B

A – Excepto sábados, domingos e feriados

B – Nos dias de mercado no Fundão

C – Nos períodos escolares excepto sábados, domingos e feriados

D – Nos períodos escolares excepto sábados, domingos e feriados

Nos períodos não escolares às segundas, quintas e sextas excepto feriados

E – Nos períodos não escolares excepto segundas, sextas, sábados, domingos e feriados

F – Nos períodos escolares excepto sábados, domingos e feriados

Nos períodos não escolares às segundas e sextas excepto feriados

G – Às quintas e sextas excepto feriados

H – De segunda a quarta excepto feriados

7) Fundão (Estação) – Mata da Rainha**Tabela 13 - Características do percurso Fundão (Estação) - Mata da Rainha**

Origem	Destino	Distância percorridos (km)	Número de vezes que efectua o percurso por dia	Dias semanais que efectua o percurso
Fundão (estação)	Vale Dona Teresa	15,4	2	A
Fundão (estação)	Vale do Ferro	9,7	1	B
Fundão (estação)	Mata da Rainha	41,7	2	A, B
Vale Dona Teresa	Quintas das Torres	8,5	1	C
Fundão (estação)	Quinta da Ferreira	28,4	1	A
Fundão (estação)	Fatela	7,7	1	A
Mata da Rainha	Fundão (estação)	41,7	2	A, B
Valverde	Fundão (estação)	3,2	1	A
Quinta da Ferreira	Fundão (estação)	28,4	1	A
Vale Dona Teresa	Fundão (estação)	15,4	3	A, A, B
Vale do Ferro	Fundão (estação)	9,7	1	B
Fatela	Fundão (estação)	7,7	1	A

A – Excepto sábados, domingos e feriados

B – Nos dias de mercado ou feira no Fundão

C – Nos períodos escolares às quartas-feiras excepto feriados

8) Fundão (Estação) – Orvalho**Tabela 14 - Características do percurso Fundão (Estação) - Orvalho**

Origem	Destino	Distância percorridos (km)	Número de vezes que efectua o percurso por dia	Dias semanais que efectua o percurso
Janeiro de Cima	Orvalho	14,1	1	A
Fundão (estação)	Orvalho	67,0	1	A
Silvares	Orvalho	46,3	1	B
Fundão (estação)	Dornelas do Zezere	31,1	1	A
Dornelas do Zezere	Fundão (estação)	31,1	1	A
Orvalho	Fundão (estação)	67,0	1	A
Orvalho	Janeiro de Cima	14,1	1	A

A – Excepto sábados, domingos e feriados

B – Nos períodos escolares excepto sábados, domingos e feriados

9) Fundão (Estação) – Penamacor

Tabela 15 - Características do percurso Fundão (Estação) - Penamacor

Origem	Destino	Distância percorridos (km)	Número de vezes que efectua o percurso por dia	Dias semanais que efectua o percurso
Fundão (estação)	Penamacor	34,0	1	A
Penamacor	Fundão (estação)	34,0	1	A

A – Excepto sábado, domingo e feriados

8.7.2 TRANSPORTE ESCOLAR

Nos termos da Lei 169/99 de 18 de Setembro, é competência das Câmaras Municipais a organização e gestão dos transportes escolares, Complementar a esta Lei, existe o DL 299/84, de 5 de Setembro, que regulamenta o modo como se deverá efectuar a atribuição deste direito, a população que por ele está abrangida bem como o modo como decorre o funcionamento dos transportes escolares (CMF, 2010).

Para além das competências municipais previstas na legislação em matéria de transportes escolares, o Plano de Transportes Escolares de cada Município deverá ainda regulamentar a atribuição de transportes escolares concedidos pela respectiva Câmara, ainda que tenha carácter facultativo (CMF, 2010).

No que concerne ao município do Fundão, a sua rede de transportes escolares está integrada na rede de transportes público, que serve os locais dos estabelecimentos de ensino e de residência dos alunos, e uma rede alternativa de circuitos que se destina aos alunos que residem em localidades que não dispõem de estabelecimentos de ensino acessíveis a pé, nem de transportes públicos, sendo-lhes facultado um esquema adequado de transportes escolares.

Este transporte escolar é constituído, preferencialmente, por meios de transporte público como o rodoviário ou ferroviário, se bem que este último apresenta uma pequena expressão nesta região, e destina-se a alunos residentes no concelho do Fundão que estejam a cumprir a escolaridade obrigatória, conforme referido na Lei de Bases da Educação, Lei nº 46/86 de 14 de Outubro, assim como a alunos que pretendam continuar os estudos até conclusão do ensino secundário (CMF, 2010).

Os transportes escolares serão efectuados pelas carreiras públicas das empresas que prestam serviço no concelho do Fundão, a Rodoviária da Beira Interior e a outra empresa, mediante a emissão de passes por parte das mesmas, devidamente requeridos na Câmara do Fundão.

Para os casos em que onde os serviços públicos de transporte não dão resposta às necessidades dos alunos e suas famílias, procuram-se, na medida do possível, encontrar soluções adequadas a esses casos, recorrendo-se a meios alternativos.

Verificado o modelo de organização da rede de transportes escolares no concelho do Fundão, segue-se agora a lista de estabelecimentos de ensino para os quais é necessário transportar os alunos (CMF, 2010):

- Escola Secundária do Fundão;
- EB2/3 Serra da Gardunha (Fundão);
- EB2/3 João Franco (Fundão);
- Externato Capitão Santiago de Carvalho de Alpedrinha;
- Escolas do 1º Ciclo do Ensino Básico de Alcária, Aldeia de Joanes, Aldeia Nova do Cabo, Alpedrinha, Atalaias, Capinha, Castelejo, Donas, Enxames, Orca, Peroviseu, Salgueiro, Silvares, Soalheira, Souto da Casa, Telhado e Vale de Prazeres.

Através dos dados fornecidos pela C.M. Fundão, no ano lectivo de 2010/2011, iram usufruir dos transportes escolares 1049 alunos, dos quais 601 iram utilizar as transportadoras que efectuam carreiras públicas, como se verifica na tabela 7, sendo os restantes 448 alunos transportados por outras entidades. É nestes 448 alunos transportados por outras entidades que é possível tentar desenvolver medidas de optimização, tendo em vista a poupança de custos para o município, diminuição dos impactes para o ambiente e se possível melhoramento da qualidade de transporte dos alunos (CMF, 2010).

Tabela 16 - Previsão de transportes a efectuar pelas transportadoras que efectuam carreiras públicas [Fonte: Adaptado de (CMF, 2010)]

Agrupamento	2º e 3º Ciclos		Para além da escolaridade obrigatória	Total
	< 12 anos	> 12 anos		
Rodoviária da Beira Interior	155	209	139	503
Comboios de Portugal	-	-	6	6
Outra Transportadora	27	49	16	92
Total	182	258	161	601

9 RESULTADOS

No presente capítulo, dos resultados, como o nome indica serão apresentados os resultados da presente dissertação, dando principal ênfase à quantificação das emissões obtida através das ferramentas desenvolvidas no decorrer da mesma. Em primeiro lugar serão realizados testes às ferramentas de cálculo, de forma a perceber as tendências comportamentais de emissão em relação as diferentes variáveis. Posteriormente, serão calculadas as emissões referentes ao caso de estudo, com recurso aos dados reais, a fim de caracterizar o mais fielmente possível as respectivas emissões. Por fim, serão apresentados cenários alternativos e o respectivo cálculo de emissões, para se tentar perceber quais as melhores opções, tendo em vista a redução das emissões de poluentes e a poupança financeira por parte do município.

9.1 TESTES DESEMPENHO DAS FERRAMENTAS DE CÁLCULO

Neste subcapítulo são apresentados os resultados dos testes as ferramentas de cálculo desenvolvidas no decorrer da presente dissertação. Estes testes têm o principal intuito de avaliar a *variação das emissões dos poluentes*, em relação as diferentes variáveis em questão. Neste sentido, nos primeiros testes serão analisadas as variações das emissões dos vários poluentes considerando a *velocidade constante* e fazendo variar apenas o *ano de fabrico* do veículo, ao fazer variar o ano do veículo ter-se-á particular atenção aos anos escolhidos, de forma a que cada ano corresponda a uma norma de emissão diferente, ou seja, os anos escolhidos representaram as categorias, *convencional*, *EURO 1*, *EURO 2*, *EURO 3*, *EURO 4* e *EURO 5*.

Nos segundos testes serão analisadas as variações das emissões dos vários poluentes, considerado o ano de fabrico constante e fazendo variar apenas a velocidade, com este teste será possível avaliar os efeitos da velocidade nas emissões dos poluentes deste tipo de veículos.

9.1.1 TESTES DE VARIAÇÃO DAS EMISSÕES COM O ANO DE FABRICO

Como foi referido anteriormente, estes testes vão fazer variar o ano de fabrico e manter a velocidade constante; de forma a perceber o efeito deste factor na emissão de poluentes e consumo de combustível. Os anos utilizados nos testes foram escolhidos de forma a cada um representar uma norma de emissão; sendo assim os anos escolhidos foram 1985 que representa os veículos *Convencionais*, 1994 que representa a *EURO 1*, 1998 que representa a *EURO 2*, 2002 que representa *EURO 3*, 2006 que representa *EURO 4* e 2008 que representa *EURO 5*.

Convém referir que as emissões dos poluentes serão representadas em g por 100 km e o consumo de combustível em L por 100 km, para facilitar a ilustração dos resultados. Estes resultados são apresentados para uma velocidade fixa de 50 km/h, uma vez que se trata de um valor próximo do central, referente ao intervalo de velocidades a que as equações se destinam, 6km/h a 103km/h.

Na figura 46 referente à emissão de CO por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos; verifica-se que nos veículos fabricados em 1985, *Convencionais*, eram os autocarros urbanos articulados que maiores quantidades de CO₂ emitiam, com valores a rondar as 400 g de CO/ 100 km, seguidos dos mini autocarros urbanos e Autocarros urbanos articulados com emissões próximas das 300 g de CO/ 100 km, por fim os autocarros de 3 eixos com emissões próximas de 250 g de CO/ 100 km e os autocarros standard com emissões próximas de 200 g de CO/ 100 km. Contudo, esta tendência não permaneceu com a entrada em vigor das normas de emissão EURO, uma vez que a partir da EURO 1 os veículos urbanos desceram consideravelmente as suas emissões passando os mini autocarros urbanos a emitir apenas 100 g de CO/ 100 km, os Autocarros Urbanos Standard a emitir 150 g de CO/ 100 km e os autocarros urbanos articulados a emitir 200 g de CO/ 100 km, o mesmo que os autocarros standard e os autocarros de 3 eixos.

É importante referir o aumento das emissões de CO, em todas as categorias, verificado em 2002, *EURO 3*. Uma explicação possível está relacionada com o objectivo de redução de vários outros poluentes o que teve como consequência o aumento de emissão de CO.

Por fim, da passagem de *EURO 3*, 2002, para *EURO 4*, 2006, verificou-se uma grande redução das emissões de CO para todas as categorias de veículos, passando mini autocarros urbanos e os autocarros urbanos Standard a emitir por volta de 10 g de CO/ 100 km, enquanto as restantes categorias apresentam emissões de aproximadamente 14 g de CO/ 100 km.

Na passagem *EURO 4*, 2006, para *EURO 5*, 2008, não se verificaram alterações nas emissões de CO, mantendo-se constantes nos valores de *EURO 4*.

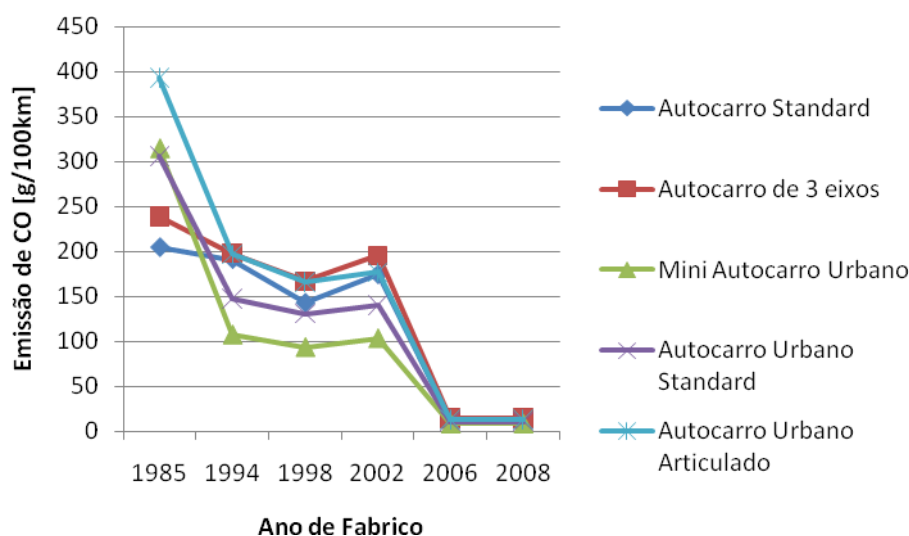


Figura 46 - Emissão de CO por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos.

Na figura 47 referente à emissão de NO_x por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos, verifica-se que nos veículos fabricados em 1985, *Convencionais*, eram os autocarros urbanos articulados que maiores quantidades de NO_x emitiam, com valores a rondar as 1500 g de NO_x / 100 km, seguidos dos autocarros de 3 eixos e dos urbanos standard ambos com uma emissão de 1200 g de NO_x / 100 km, os autocarros standard com emissão de 1000 g de NO_x / 100 km e finalmente com uma menor emissão aparecem os mini autocarros urbanos com uma emissão de aproximadamente 750 g de NO_x / 100 km.

Tal como acontece nas emissões de CO, também se verifica um aumento das emissões de NO_x , mas para este poluente esse aumento acontece de 1994, *EURO 1*, para 1998, *EURO 2*, aumentando aproximadamente 100 g de NO_x /100km para cada categoria de veículo. Uma explicação possível para este acontecimento é a mesma que foi dado para o caso das emissões de CO.

Depois do aumento verificado em 1998, *EURO 2*, as emissões de NO_x foram sempre diminuindo, apresentando em 2008, *EURO 5*, uma emissão de aproximadamente 160 g de NO_x /100km para os mini autocarros urbanos e aproximadamente 250 g de NO_x /100km para as restantes categorias de veículos.

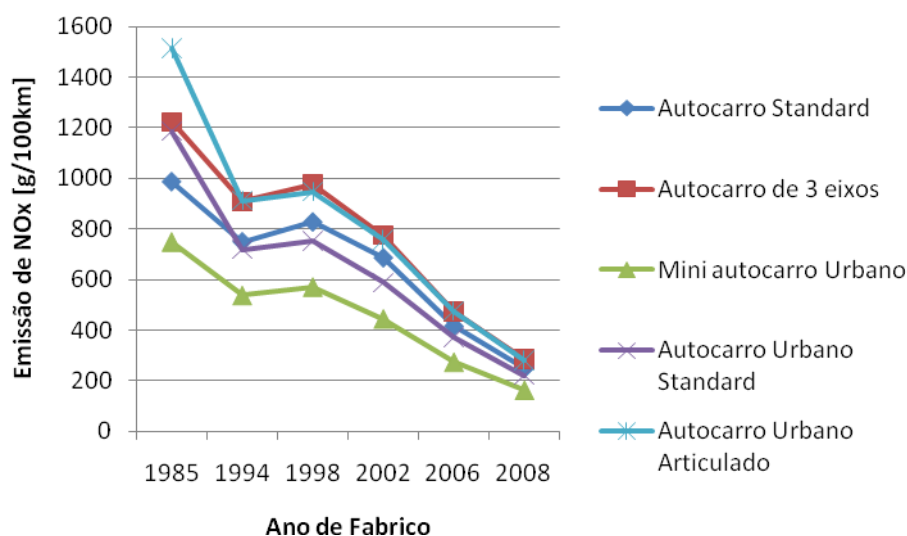


Figura 47 - Emissão de NO_x por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos.

Na figura 48 referente à emissão de PM por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos, verifica-se que nos veículos fabricados em 1985, *Convencionais*, eram os autocarros urbanos articulados que maiores quantidades de PM emitiam, com valores a rondar as 60 g de PM / 100 km, em seguida os mini autocarros urbanos com uma emissão de aproximadamente 55 g de PM / 100 km, os autocarros de 3 eixos com emissão de 50 g de PM / 100 km, os autocarros urbanos standard com uma emissão de 48 g de PM / 100 km e finalmente os autocarros standard com emissão de 43 g de PM / 100 km.

No caso das PM, as emissões baixaram consideravelmente até 1998, *EURO 2*, para valores de 10 g de PM / 100 km no caso dos mini autocarros urbanos, e valores entre 15 e 20 g de PM / 100 km para as restantes categorias de veículos. Depois, entre 1998, *EURO 2* e 2002, *EURO 3*, as emissões mantiveram-se constantes no valor de 1998.

Por fim, as emissões de PM baixaram novamente desde 2002, *EURO 3*, até 2006, *EURO 4*, onde todas as categorias de veículos apresentavam emissões de 3 g de PM / 100 km, mantendo-se constantes em 2008 *EURO 5*.

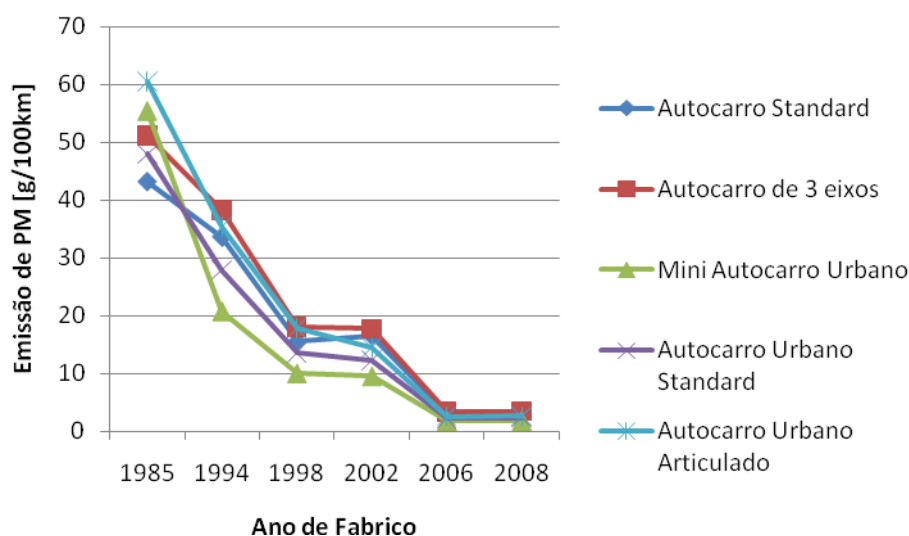


Figura 48 - Emissão de PM por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos.

Na figura 49 referente à emissão de COV por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos, verifica-se que nos veículos fabricados em 1985, *Convencionais*, os mini autocarros urbanos têm uma emissão bastante superior as restantes categorias de veículos, sendo próxima das 200 g de COV / 100 km, enquanto os restantes apresentam emissões a rondar as 100 g de COV / 100 km. No entanto, logo em 1994, *EURO 1*, as emissões dos mini autocarros urbanos diminuem consideravelmente para valores de menos de 50 g de COV / 100 km, tornando-se na categoria com menores emissões deste poluente.

As emissões de COV têm vindo a diminuir gradualmente a medida que vão surgindo novas normas de emissão e actualmente, *EURO 5*, apresentam concentrações muito baixas, de aproximadamente 2 g de COV / 100 km para todas as categorias de veículos.

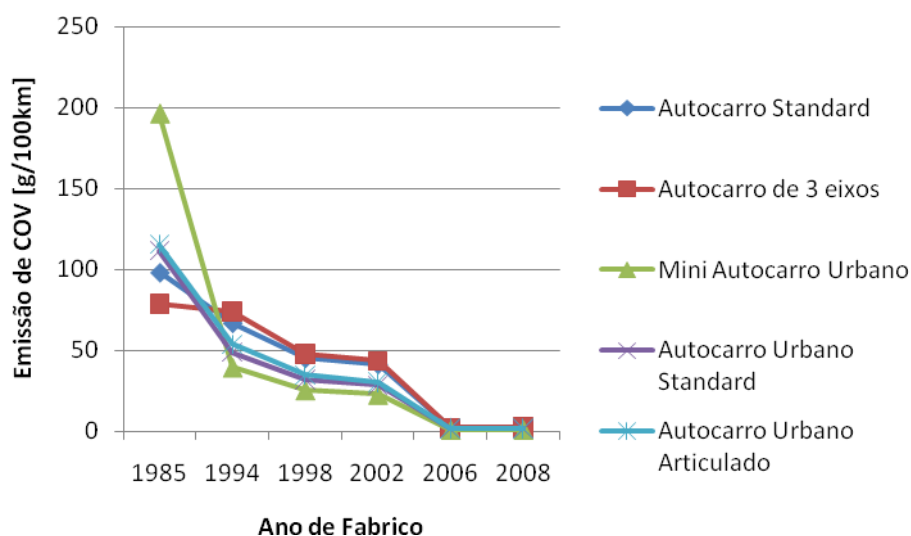


Figura 49 - Emissão de COV por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos.

Na figura 50 referente à emissão de CO_2 por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos, verifica-se que nos veículos fabricados em 1985, *Convencionais*, eram os autocarros urbanos articulados que maiores quantidades de CO_2 emitiam, com valores a rondar as 95000 g de CO_2 / 100 km, em seguida vêm os autocarros de 3 eixos com uma emissão de aproximadamente 90000 g de CO_2 / 100 km, os autocarros standard e urbanos standard, ambos com uma emissão de aproximadamente 75000 g de CO_2 / 100 km e finalmente os mini autocarros urbanos com uma emissão de aproximadamente 60000 g de CO_2 / 100 km.

As emissões de CO_2 têm evidenciado uma tendência de diminuição ao longo dos anos, a exceção do ano de 2002, *EURO 3*, em que se verificou um pequeno aumento. Apesar deste pequeno aumento, de uma perspectiva geral, desde o ano de 1895, *Convencional*, até 2008, *EURO 5*, todas as categorias de veículos apresentaram uma redução das emissões de CO_2 em aproximadamente 10000 g de CO_2 / 100 km, a exceção dos autocarros standard que apresentaram uma redução mais modesta de 2000 g de CO_2 / 100 km.

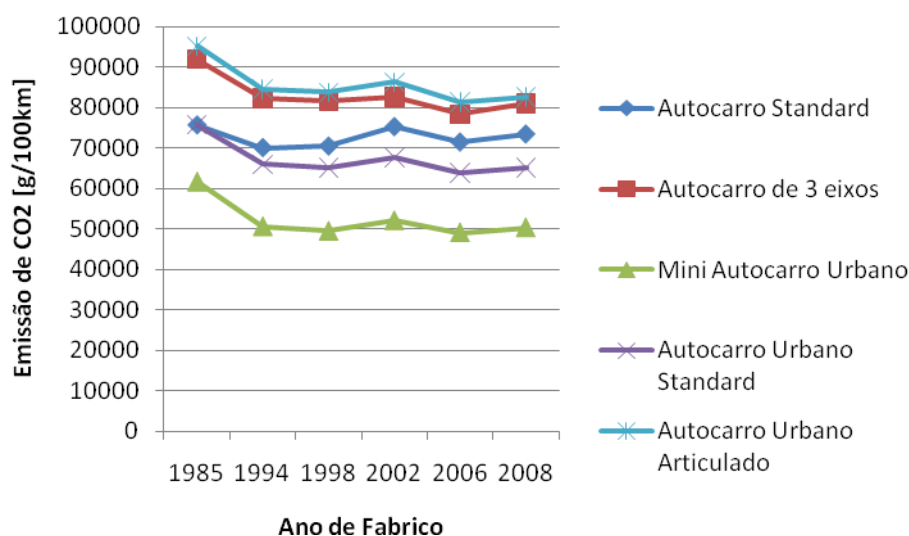


Figura 50 - Emissão de CO₂ por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos.

Por fim, na figura 51 referente ao consumo de combustível por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos, verifica-se que nos veículos fabricados em 1985, *Convencionais*, eram os autocarros urbanos articulados que mais combustível consumia, chegando a atingir consumos de aproximadamente 37 L/100 km e logo seguido aparecem os autocarros de 3 eixos, com um consumo de aproximadamente 35L / 100km. É compreensível que estes tenham um consumo mais elevado que os restantes veículos, uma vez que são autocarros de maiores dimensões.

Em relação as restantes categorias, verifica-se que os autocarros standard e os urbanos standard apresentam um consumo idêntico na ordem dos 29 L / 100 km, por fim os mini autocarros urbanos apresentam um consumo mais baixo, na ordem dos 24 L / 100 km.

Tal como acontece com a emissão de CO₂, também o consumo de combustível apresenta uma redução do ano de 1985, *Convencional*, até 2008, *EURO 5*, de aproximadamente 5 L / 100 km para todas as categorias de veículos, à excepção dos autocarros standard que apresentam uma redução mais pequena de 2 L / 100 km.

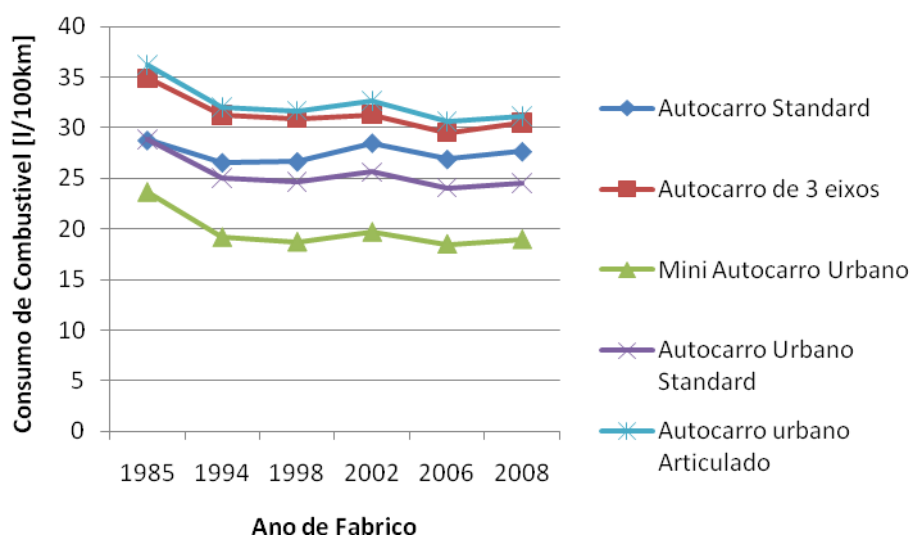


Figura 51 – Combustível consumido por ano de fabrico, para as várias categorias de veículos.

9.1.2 TESTES DE VARIAÇÃO DAS EMISSÕES COM A VELOCIDADE

Os testes de variação das emissões em função da velocidade, vão variar a velocidade do veículo mantendo o ano de fabrico constante. Com isto pretende-se perceber a influência do factor velocidade nas emissões de poluentes e consumo de combustível, para as várias categorias de veículos. Um dos objectivos que se pretende alcançar é perceber qual a velocidade mais aconselhável para os veículos circularem, de forma a emitir menores quantidades de poluentes e consumir menos combustível.

Uma vez que nestes testes o ano de fabrico tem de ser constante, para avaliar o real efeito da velocidade, os cálculos foram efectuados para o ano de 2004, que representa uma categoria de emissão EURO 3.

Tal como acontece nos testes de variação das emissões com o ano de fabrico, também aqui as emissões dos poluentes serão representadas em g por 100 km e o consumo de combustível em l por 100 km, de forma a facilitar a ilustração dos resultados.

Antes de começar a análise individual dos gráficos de emissão dos vários poluentes e do consumo de combustível, fazendo uma análise geral de todos verifica-se que quer as emissões de poluentes quer o consumo de combustível estão sempre inversamente proporcionais a velocidade, ou seja, a medida que a velocidade aumenta, as emissões de poluentes e o consumo de combustível diminuem. Não era esperado que as emissões de

poluentes e consumo de combustível fossem diminuindo continuamente com o aumento da velocidade e atingissem um mínimo quando a velocidade atinge o seu valor máximo, mas sim que fossem diminuindo até atingir um valor mínimo e depois voltassem a aumentar, devido ao atrito provocado por estes veículos de grandes dimensões, entre outras variáveis.

Uma explicação possível para este acontecimento pode estar relacionada com os limites de velocidade estabelecidos para as equações utilizadas, pelo projecto que as desenvolveu, ou seja, possivelmente, o mínimo ainda não teria sido atingido aos 103 km/h, sendo atingido a uma velocidade superior a 103 km/h e então aí as emissões de poluentes e o consumo de combustível iria aumentar. Determinado o mínimo, este seria o valor óptimo ao qual o veículo se deveria deslocar, uma vez que era o ponto em que se emitiam menores quantidades de poluentes para a atmosfera e se consumia menos combustível.

Existe ainda a possibilidade das equações não estarem bem formuladas, o que faz com que as emissões de poluentes e o consumo de combustível diminua continuamente com o aumento da velocidade, o que em termos práticos é impossível, devido a factores como o atrito provocado pelo grande volume do autocarro ou até pelo motor do autocarro que a partir de umas certas rotações aumenta em muito o consumo de combustível e as emissões de poluentes.

Analisando agora as figuras 52 a 57, que representam respectivamente a emissão de CO por velocidade, emissão de NO_x por velocidade, emissão de PM por velocidade, emissão de COV por velocidade, emissão de CO₂ por velocidade e ainda consumo de combustível por velocidade, é possível observar que o comportamento de emissão dos vários poluentes e do consumo de combustível, é bastante semelhante. O que acontece em todos os casos é que para a velocidade mínima de 6 km/h as emissões de poluentes e consumo de combustível são muito elevados, devido ao comportamento muito ineficiente a baixas velocidades. Aos 20km/h as emissões e o consumo de combustível diminuem consideravelmente, passando para valores de emissão e consumo três vezes inferior ao verificado a 6km/h. É compreensível que a redução associada ao intervalo de velocidade de 6km/h a 20kmh, seja a mais elevada, uma vez que o motor começa a trabalhar a rotações mais próximas dos valores óptimos e consequentemente com menores emissões de poluentes e menor consumo de combustível. Dos 20km/h até ao final, 103km/h, verifica-se uma redução gradual das emissões de poluentes e do consumo de

combustível, embora esta redução seja consideravelmente inferior à verificada no intervalo de velocidades de 6km/h a 20km/h.

Avaliando as emissões iniciais, a 6km/h, e as emissões finais, a 103 km/h, verifica-se uma redução de aproximadamente dez vezes, para todos os poluentes e consumo de combustível, valor bastante significativo.

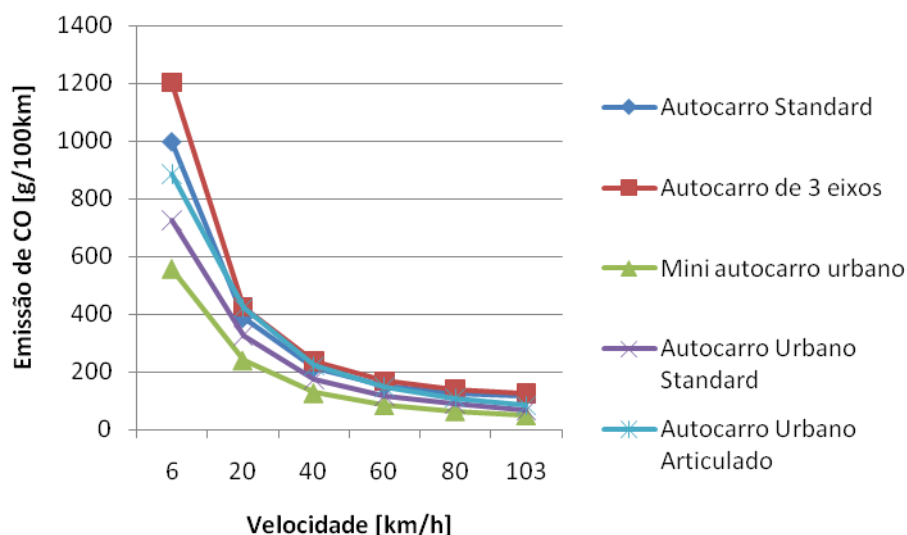


Figura 52 - Emissão de CO com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.

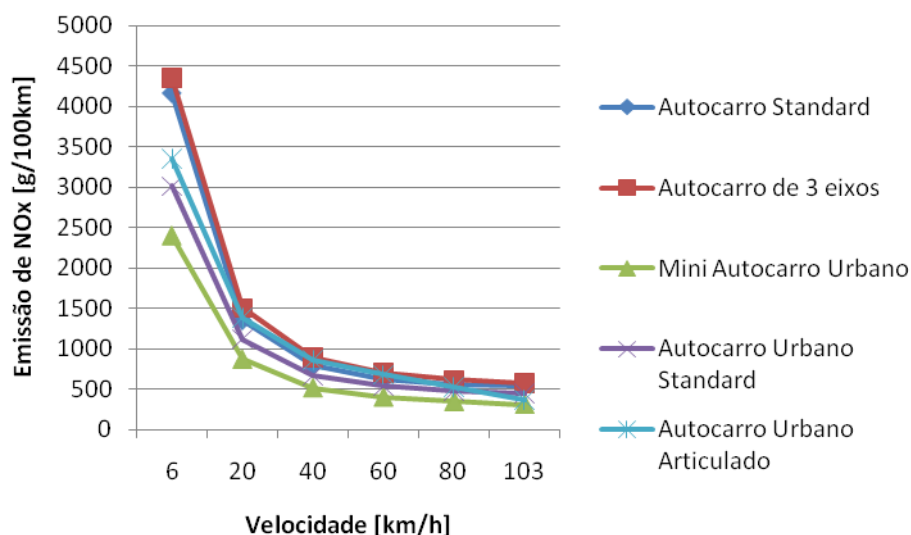


Figura 53 - Emissão de NO_x com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.

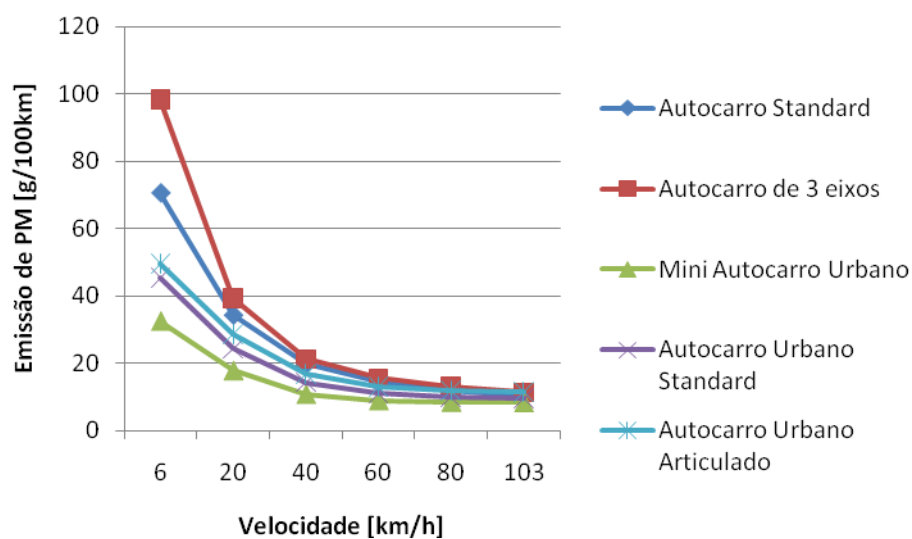


Figura 54 - Emissão de PM com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.

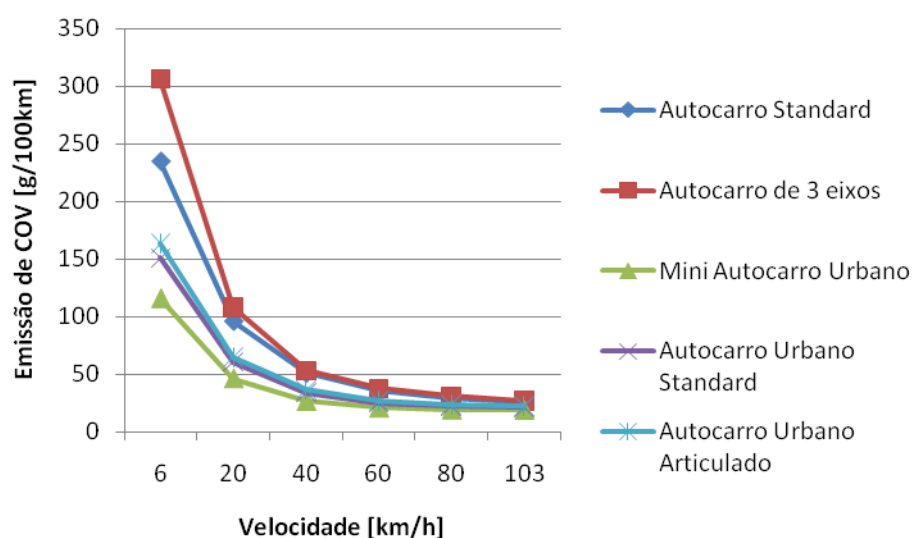


Figura 55 - Emissão de COV com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.

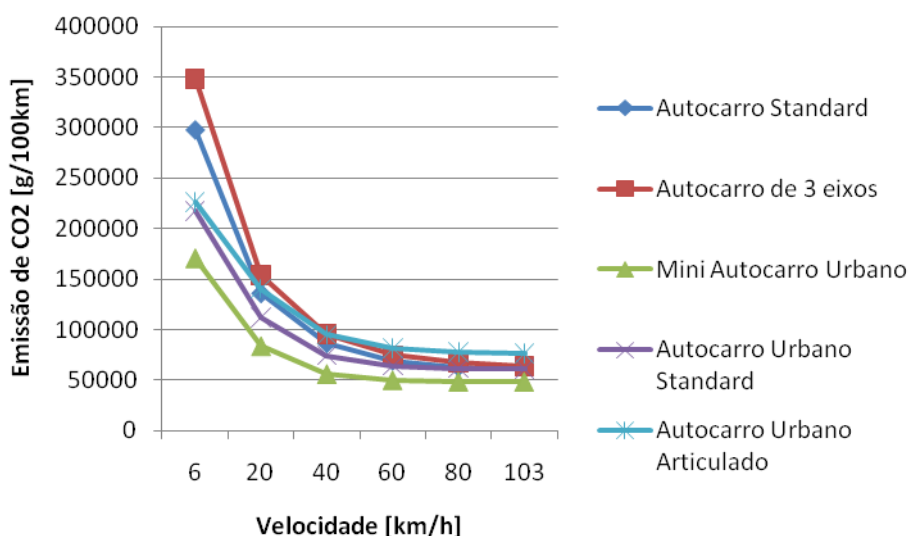


Figura 56 - Emissão de CO₂ com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.

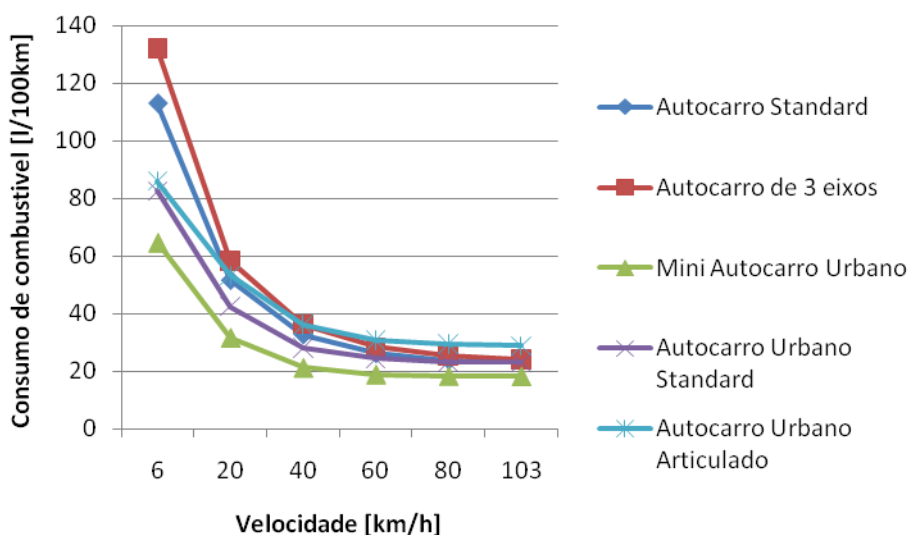


Figura 57 - Combustível consumido com a variação da velocidade, para as várias categorias de veículos.

9.1.3 CÁLCULO DAS EMISSÕES DO CASO DE ESTUDO

Neste parte será elaborado o cálculo das emissões de poluentes e consumo de combustível para a frota de transportes públicos, pertencente a Rodoviária da Beira Interior, afecta ao município do Fundão. Os dados relativos aos percursos, distâncias percorridas por percurso e frequência de efectuação do percurso, foram obtidos através de tabelas quilométricas fornecidas pela Rodoviária da Beira Interior.

De seguida será realizada uma correspondência entre os veículos da frota da RBI, afecta ao município do Fundão, representados no Anexo C, e a lista de carreiras afectas ao município do Fundão, apresentada no ponto 8.7.1.1 da presente dissertação. Esta correspondência foi fornecida pela RBI e o cálculo das emissões de cada carreira será realizado tendo em conta o veículo que efectua esse percurso, de forma a obter resultados o mais próximo possível da realidade. Em relação a esta correspondência convém ainda ressaltar que existem carreiras que não são afectas a nenhum percurso em particular, que se desdobram consoante as necessidades; nas carreiras onde seja evidente que o número de veículos estipulado não seja suficiente serão integrados os veículos que desdobram. Entende-se por veículos que desdobram, os veículos que não estão afectos a nenhuma carreira em particular, efectuando percursos ocasionais.

Assim sendo a correspondência será a seguinte:

Carreira 1 Alcafozes – Fundão: veículo 2 e veículo 18 desdobra

Carreira 2 Bogas do Meio – Fundão: veículo 7 e veículo 20 desdobra

Carreira 3 Castelo Branco (Estação) – Covilhã: veículo 3, 5 e veículo 21 desdobra

Carreira 4 Escarigo – Fundão (Estação): veículo 4 e veículo 20 desdobra

Carreira 5 Freixial – Fundão: veículo 16, 17 e veículo 18 desdobra

Carreira 6 Fundão – Soalheira: veículo 11

Carreira 7 Fundão (Estação) – Mata da Rainha: veículo 12, 13

Carreira 8 Fundão (Estação) – Orvalho: veículo 6 e veículo 18 desdobra

Carreira 9 Fundão (Estação) – Penamacor: veículo 22

As tabelas que se seguem, da tabela 17 à tabela 25, apresentam os resultados das emissões de poluentes e consumo de combustível por carreira. Nestas tabelas está representado o veículo que efectua cada percurso intermédio e as respectivas emissões e consumo, desta forma é possível perceber qual o contributo desse percurso para a carreira em questão. Por percurso intermédio entende-se os percursos que são efectuados pertencentes à carreira principal, por exemplo, para a carreira Alcafozes – Fundão, há três percursos intermédios, Alcafozes – Fundão, Orca – Fundão e Orca – Vale Prazeres.

De uma forma geral, ao cruzar a informação destas tabelas com veículos da frota da RBI, afecta ao município do Fundão, representados no Anexo C, percebe-se que os veículos

que pertencem a estas carreiras têm uma idade razoavelmente avançada, sendo os mais novos com idades de 14 e 16 anos. No extremo oposto, os veículos com mais idade a prestar serviços nestas carreiras, são os que desdobram, com idades de 25 e 27 anos.

Mais uma vez fica patente a avançada idade da frota de veículos que fazem parte destas carreiras, o que torna previsível uma elevada emissão de poluentes para a atmosfera.

1) Alcafozes – Fundão

Tabela 17 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Alcafozes - Fundão

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
18	Alcafozes	Fundão	143,81	557,67	22,53	52,46	35588,63	13563,51
2	Orca	Fundão	91,27	445,17	17,26	30,18	40814,53	15470,21
2	Orca	Vale Prazeres	12,66	61,72	2,393	4,18	5659,16	2145,03

2) Bogas do Meio – Fundão

Tabela 18 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Bogas do Meio - Fundão

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
7	Bogas do Meio (A)	Fundão (A)	13,28	64,79	2,51	4,39	5940,40	2251,63
7	Bogas do Meio (B)	Fundão (B)	19,92	97,19	3,77	6,59	8910,60	3377,45
20	Enxabarda	Fundão	4,17	16,16	0,65	1,52	1031,44	393,10
20	Enxabarda	Ponte do Castelejo	2,66	10,32	0,42	0,97	658,96	251,14

3) Castelo Branco (Estação) – Covilhã

Tabela 19 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Castelo Branco (Estação) - Fundão

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
3	Castelo Branco (estação)	Covilhã	75,60	434,33	7,85	18,36	37594,13	14227,83
5	Covilhã	Castelo Branco (estação)	75,60	434,33	7,85	18,37	37594,13	14227,83
21	Covilhã	Castelo Branco (estação)	117,85	456,99	18,47	42,99	29163,78	11114,88

4) Escarigo – Fundão (Estação)

Tabela 20 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Escarigo - Fundão (Estação)

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
4	Escarigo	Fundão (estação)	74,55	363,62	14,09	24,65	33337,59	12636,17
4	Zona Industrial	Fundão (estação)	17,72	86,42	3,35	5,86	7922,82	3003,04
20	Alcaria	Fundão (estação)	2,89	11,24	0,45	1,06	717,10	273,30
20	Peroviseu	Fundão (estação)	6,46	25,06	1,01	2,36	1598,94	609,39
20	Fundão (estação)	Capinha	10,18	39,48	1,59	3,71	2519,55	960,25

5) Freixial – Fundão (Estação)**Tabela 21 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Freixial - Fundão (Estação)**

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
16	Freixial (A)	Fundão (est.) (A)	38,68	150,03	6,06	14,11	9574,29	3648,94
17	Freixial (B)	Fundão (est.) (B)	5,95	23,08	0,93	2,17	1472,97	561,38
17	Fundão (C)	Freixial (C)	3,72	14,42	0,58	1,36	920,60	350,86
18	Fundão (est.) (D)	Freixial (D)	3,87	15,00	0,61	1,41	957,43	364,89

6) Fundão – Soalheira**Tabela 22 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Fundão - Soalheira**

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
11	Pova da Atalaia	Soalheira	33,41	129,55	5,24	12,19	8267,27	3150,81
11	Fundão	Alcaide	63,63	246,76	9,97	23,21	15747,18	6001,55
11	Fundão	Alcongosta	7,95	30,84	1,25	2,90	1968,39	750,19
11	Castelo Novo	Atalaia do Campo	8,81	34,17	1,38	3,21	2180,38	830,98
11	Fundão	Soalheira	69,65	270,08	10,91	25,41	17235,29	6568,69

7) Fundão (Estação) – Mata da Rainha

Tabela 23 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Fundão (Estação) - Mata da Rainha

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
12	Fundão (estação)	Vale Dona Teresa	61,24	237,50	9,59	22,34	15156,66	5776,49
13	Fundão (estação)	Vale do Ferro	6,17	23,93	0,97	2,25	1527,47	582,15
13	Fundão (estação) (B)	Mata da Rainha (B)	26,53	102,89	4,16	9,68	6566,57	2502,64
12	Fundão (estação) (A)	Mata da Rainha (A)	66,34	257,24	10,39	24,20	16416,44	6256,62
13	Vale Dona Teresa	Quintas das Torres	0,83	3,23	0,13	0,30	205,92	78,48
12	Fundão (estação)	Quinta da Ferreira	45,18	175,19	7,08	16,48	11180,50	4261,10
12	Fundão (estação)	Fatela	12,25	47,50	1,92	4,47	3031,33	1155,29
12	Valverde	Fundão (estação)	2,54	9,87	0,39	0,93	629,89	240,06

8) Fundão (Estação) – Orvalho

Tabela 24 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Fundão (Estação) - Orvalho

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
6	Janeiro de Cima	Orvalho	10,81	52,75	2,04	3,57	4836,01	1833,02
6	Fundão (estação)	Orvalho	51,39	250,65	9,72	16,99	22979,61	8710,12
6	Silvares	Orvalho	23,85	116,35	4,51	7,89	10666,66	4043,05
18	Fundão (estação)	Dornelas do Zezere	4,53	17,58	0,71	1,65	1121,68	427,49

9) Fundão (Estação) – Penamacor

Tabela 25 - Tabela de resultados anuais referente à carreira Fundão (Estação) - Penamacor

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO _x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO ₂ (kg)	Combustível consumido (l)
22	Penamacor	Fundão	54,09	209,74	8,47	19,73	13385,10	5101,32

Recorrendo a tabela 26, que faz um resumo das emissões de poluentes e do consumo de combustível verificados para a actual frota de veículos a prestar serviços para a CMF, verifica-se, como seria de esperar dado a avançada idade da frota, que as emissões de poluentes apresentam valores bastante elevados, com o CO a apresentar uma emissão de 1270,07 kg/ano, o NO_x a atingir valores muito elevados de 5522,88 kg de NO_x/ano, as PM a emitirem 201,25 kg de PM/ano e os COV com uma emissões de 434,13 kg de COV/ano. Contudo, estes valores tomam ainda maior expressão ao observar o valor de emissão do CO₂ com uma emissão anual de 415079,43 kg de CO₂, ou seja, aproximadamente 415 toneladas de CO₂ que são emitidas anualmente por esta frota de transportes públicos.

Apesar destes valores de emissão serem notoriamente elevado, apenas se terá uma ideia clara do seu significado quando comparados com as emissões, para os mesmos percursos, mas com uma frota de veículos mais recente. Esta comparação será possível mais a frente quando nos cenários alternativos se proceder ao cálculo das emissões para este percurso, mas considerando uma frota mais recente, com veículos abrangidos pela norma de emissão *EURO 5*.

Em relação ao consumo de combustível, foi estimado um consumo de aproximadamente 157701 L de gasóleo, o que parece um valor bastante elevado, mas que tal como as emissões de poluentes, necessita de um termo de comparação a fim de se poderem retirar ilações bem fundamentadas.

Em termos mais económicos, considerando os actuais preços de venda ao público de gasóleo, nos principais postos de abastecimento, de aproximadamente 1,155 €/L, isto traduzir-se-ia numa factura anual de aproximadamente 182 mil euros só em combustível

Tabela 26 - Tabela resumo das emissões anuais de poluentes e consumo de combustível referente à actual frota a prestar serviços a CMF

Carreira	CO [kg]	NO_x [kg]	PM [kg]	COV [kg]	CO₂ [kg]	Combustível [l]
1	247,73	1064,58	42,19	86,83	82062,32	31178,75
2	40,04	188,47	7,35	13,47	16541,40	6273,32
3	269,04	1325,65	34,17	79,72	104352,00	39570,54
4	111,81	525,81	20,51	37,64	46096,01	17482,15
5	52,23	202,54	8,18	19,05	12925,29	4926,07
6	183,45	711,39	28,75	66,92	45398,52	17302,24
7	221,09	857,38	34,64	80,65	54714,80	20852,86
8	90,58	437,32	16,98	30,11	39603,96	15013,69
9	54,09	209,74	8,47	19,73	13385,10	5101,32
Total	1270,07	5522,88	201,25	434,12	415079,43	157700,94

9.1.4 CENÁRIOS ALTERNATIVOS E RESPECTIVAS EMISSÕES

De seguida serão propostos alguns cenários alternativos, à actual rede de transportes públicos. Dentro destes cenários serão estudados casos em que a frota é totalmente substituída por uma frota mais recente, e será realizado o cálculo da poupança em termos de emissões de poluentes e consumo de combustível.

Outra proposta consiste em utilizar veículos de algumas instituições locais, como, instituições de solidariedade social, associações desportivas, entre outras, e conciliar os meios à disposição destas instituições com os transportes públicos.

9.1.4.1 RENOVAÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS

O cenário de substituição da frota de transportes públicos por uma frota mais recente, em que os veículos já sejam abrangidos pelas normas de emissão EURO 5, implicaria um investimento elevado cuja viabilidade não foi analisada neste trabalho. A longo prazo, além de se retirarem mais-valias financeiras devido a redução do consumo de

combustível, retirar-se-iam ainda maiores mais-valias ambientais, em consequência da redução dos poluentes atmosféricos, nomeadamente o CO₂.

Este cenário, tem um grande interesse para a presente dissertação, uma vez que, calculando as emissões de poluentes e consumo de combustível para os mesmos percursos, recorrendo a uma frota com as normas de emissão mais recentes, cria um termo de comparação com a situação actual. Ter um termo de comparação com a situação real, é essencial para ter uma noção de quanto se está a emitir a mais, em relação a situação ideal e também para avaliar quantitativamente o que se está a gastar a mais em combustível. A poupança de combustível e a redução de emissões de poluentes para a atmosfera justifica o recurso à substituição gradual da frota em uso.

À semelhança do que foi realizado para o cálculo das emissões da actual frota da RBI, afecta à CMF, de seguida, da tabela 27 à tabela 35, serão apresentados os cálculos referentes as nove carreiras da CMF, considerando uma frota constituída unicamente por veículos abrangidos pelas normas de emissão EURO 5.

1) Alcafozes – Fundão

Tabela 27 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Alcafozes - Fundão

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
18	Alcafozes	Fundão	5,121	103,73	1,09	0,67	30617,63	11533,54
2	Orca	Fundão	6,74	136,55	1,44	0,88	40304,17	15182,42
2	Orca	Vale Prazeres	0,93	18,93	0,19	0,12	5588,39	2105,13

2) Bogas do Meio – Fundão

Tabela 28 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Bogas do Meio - Fundão

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
7	Bogas do Meio (A)	Fundão (A)	0,98	19,87	0,21	0,129	5866,12	2209,74
7	Bogas do Meio (B)	Fundão (B)	1,47	29,81	0,31	0,193	8799,18	3314,62
20	Enxabarda	Fundão	0,15	3,01	0,032	0,0194	887,37	334,27
20	Enxabarda	Ponte do Castelejo	0,09	1,92	0,020	0,0124	556,91	213,56

3) Castelo Branco (Estação) – Covilhã

Tabela 29 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Castelo Branco (Estação) - Covilhã

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
3	Castelo Branco (estação)	Covilhã	6,29	127,51	1,34	0,83	37635,30	14177,07
5	Covilhã	Castelo Branco (estação)	6,29	127,51	1,34	0,83	37635,30	14177,07
21	Covilhã	Castelo Branco (estação)	4,19	85,01	0,89	0,55	25090,20	9451,38

4) Escarigo – Fundão (Estação)**Tabela 30 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Escarigo – Fundão (Estação)**

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
4	Escarigo	Fundão (estação)	5,51	111,54	1,17	0,72	32920,72	12401,11
4	Zona Industrial	Fundão (estação)	1,31	26,51	0,27	0,17	7823,75	2947,18
20	Alcaria	Fundão (estação)	0,10	2,09	0,02	0,01	616,94	232,39
20	Peroviseu	Fundão (estação)	0,23	4,66	0,05	0,03	1375,61	518,18
20	Fundão (estação)	Capinha	0,36	7,34	0,08	0,05	2167,62	816,53

5) Freixial – Fundão (Estação)**Tabela 31 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Freixial – Fundão (Estação)**

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
16	Freixial (A)	Fundão (est,) (A)	1,38	27,91	0,29	0,18	8236,95	3102,83
17	Freixial (B)	Fundão (est,) (B)	0,21	4,29	0,05	0,03	1267,22	477,36
17	Fundão (C)	Freixial (C)	0,13	2,68	0,03	0,02	792,01	298,35
18	Fundão (est,) (D)	Freixial (D)	0,14	2,79	0,03	0,02	823,69	310,28

6) Fundão – Soalheira

Tabela 32 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Fundão - Soalheira

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
11	Povoa da Atalaia	Soalheira	1,19	24,10	0,25	0,16	7112,50	2679,25
11	Fundão	Alcaide	2,26	45,90	0,48	0,29	13547,62	5103,34
11	Fundão	Alcongosta	0,28	5,74	0,06	0,04	1693,45	637,92
11	Castelo Novo	Atalaia do Campo	0,31	6,35	0,07	0,04	1875,82	706,62
11	Fundão	Soalheira	2,48	50,24	0,53	0,32	14827,87	5585,60

7) Fundão (Estação) – Mata da Rainha

Tabela 33 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Fundão (Estação) – Mata da Rainha

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
12	Fundão (estação)	Vale D. Teresa	2,18	44,18	0,46	0,29	13039,59	4911,96
13	Fundão (estação)	Vale do Ferro	0,22	4,45	0,05	0,03	1314,12	495,02
13	Fundão (Est) (B)	Mata da Rainha(B)	0,95	19,14	0,20	0,12	5649,36	2128,09
12	Fundão (estação) (A)	Mata da Rainha (A)	2,36	47,85	0,50	0,31	14123,40	5320,23
13	Vale Dona Teresa	Quintas das Torres	0,03	0,60	0,01	0,01	177,16	66,74
12	Fundão (estação)	Quinta da Ferreira	1,61	32,59	0,34	0,21	9618,81	3623,37
12	Fundão (estação)	Fatela	0,44	8,83	0,09	0,06	2607,92	982,39
12	Valverde	Fundão (estação)	0,09	1,84	0,02	0,01	541,90	204,13

8) Fundão (Estação) – Orvalho**Tabela 34 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Fundão (Estação) - Orvalho**

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
6	Janeiro de Cima	Orvalho	0,79	16,18	0,17	0,10	4775,53	1798,93
6	Fundão (estação)	Orvalho	3,79	76,88	0,81	0,49	22692,27	8548,09
6	Silvares	Orvalho	1,76	35,69	0,37	0,23	10533,28	3967,84
18	Fundão (estação)	Dornelas Zezere	0,16	3,27	0,03	0,02	965,01	363,51

9) Fundão (Estação) – Penamacor**Tabela 35 - Tabela de resultados anuais, do cenário alternativo, referente à carreira Fundão (Estação) - Penamacor**

Veículo	Origem (Destino)	Destino (Origem)	CO (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	COV (kg)	CO₂ (kg)	Combustível consumido (l)
22	Penamacor	Fundão	1,93	39,02	0,41	0,25	11515,48	4337,84

Recorrendo à tabela 36, que faz o resumo das emissões de poluentes e do consumo de combustível verificado para o cenário alternativo, verifica-se que os valores de emissão do cenário alternativo são significativamente inferiores aos do cenário actual, tanto que para a maior parte dos poluentes nem sequer são da mesma ordem de grandeza.

Analisando mais detalhadamente cada poluente verifica-se que o cenário alternativo apresenta uma emissão de CO de 64,495 kg de CO/ano, de NO_x de 1306,540 kg de NO_x/ano, de PM de 13,746 kg de PM/ano e ainda de COV com uma emissão de 8,451 kg de COV/ano. Em relação ao CO₂ e ao consumo de combustível, estes registam valores de emissão de 385616,212 kg de CO₂/ano, ou seja, aproximadamente 386 toneladas de CO₂ que seriam emitidas anualmente caso se aplicasse o cenário alternativo, enquanto para o consumo de combustível, foi estimado um valor de aproximadamente 145264 L de gasóleo.

Fazendo agora uma análise comparativa, entre os resultados de emissão de poluentes e consumo de combustível para a frota actual e para o cenário alternativo, percebe-se que existem diferenças muito significativas, principalmente no que diz respeito as emissões dos poluentes, CO, NO_x, PM e COV. As emissões de CO representam, para a frota actual, uma emissão anual de 1270,067 kg de CO, enquanto para o cenário alternativo se registou uma emissão anual de apenas 64,495 kg de CO, o que representa uma emissão de aproximadamente 1205 kg de CO. Esta redução das emissões de CO pode aumentar a qualidade de vida das populações, principalmente nas cidades, uma vez que este poluente é bastante prejudicial para a saúde, assim sendo, conseguindo uma redução substancial deste poluente na atmosfera das cidades irá certamente diminuir os riscos a ele associados.

No que diz respeito ao NO_x, este poluente também registou uma diminuição substancial das suas emissões, uma vez que com a actual frota as suas emissões são de 5522,882 kg de NO_x/ano. Por sua vez as emissões no cenário base seriam de 1306,540 kg de NO_x/ano, o que corresponde a uma redução anual de aproximadamente 4216 kg de NO_x. As PM apresentaram uma redução anual de 187,321 kg de PM, passando de uma emissão de 201,067 kg de PM/ano no cenário actual, para uma emissão de apenas 13,746 kg/ano no cenário alternativo. Finalmente, os COV, que também apresentaram uma redução bastante substancial, de 425,674 kg de COV/ano, passando de uma emissão de 425,674 kg de COV/ano, para uma emissão de apenas 8,451 kg de COV/ano no cenário alternativo.

No que diz respeito as emissões de CO₂, a redução das emissões, comparando o cenário actual e o cenário alternativo, não foram tão substanciais como os restantes poluentes, no entanto ainda se verificou uma redução anual de aproximadamente 29463kg de CO₂, passando de uma emissão de 415079kg de CO₂/ano para o cenário actual, para uma emissão de 38516kg de CO₂/ano para o cenário alternativo.

Esta redução anual de aproximadamente 29,5 toneladas de CO₂, está intimamente relacionada com a redução de combustível que também foi verificada, ou seja, ao reduzir o consumo de combustível, não se está a “queimar” combustível logo não se está a emitir CO₂. A redução de combustível apresentou uma proporção de redução muito semelhante ao CO₂, passando de um consumo de 157701 L de combustível no cenário actual, para um consumo de 145264 L de combustível no cenário alternativo, o que representa uma redução de 12437 L de combustível.

Em termos mais económicos, considerando os actuais preços de venda ao público de gasóleo, nos principais postos de abastecimento, de aproximadamente 1,155 €/l, esta redução do consumo de combustível traduz-se numa poupança na factura anual de combustível de 14 364€. Em resumo, verifica-se:

- Uma poupança financeira directa, em combustível, de aproximadamente 14 mil euros;
- Uma poupança das 29,5 toneladas em emissões de CO₂, que posteriormente poderão também ser convertidas em euros, em resultado do comércio de emissões;
- Uma melhoria da qualidade do ar resultante da redução das emissões de CO, NO_x, PM e COV, que posteriormente se poderá converter numa poupança financeira derivado à redução dos custos com a saúde (uma vez que diminuirão as consequências para a saúde).

Verifica-se que estas medidas trarão bastantes vantagens, quer a nível económico, quer a nível de aumento da qualidade de vida das populações.

Tabela 36 - Tabela resumo das emissões anuais de poluentes e consumo de combustível referente à frota, do cenário alternativo

Carreira	CO [kg]	NO _x [kg]	PM [kg]	COV [kg]	CO ₂ [kg]	Combustível [l]
1	12,79	259,22	2,73	1,68	76510,20	28821,09
2	2,69	54,61	0,57	0,35	16109,58	6072,18
3	16,78	340,03	3,58	2,20	100360,80	37805,52
4	7,51	152,14	1,60	0,98	44904,63	16915,40
5	1,86	37,67	0,39	0,24	11119,89	4188,82
6	6,53	132,33	1,39	0,85	39057,27	14712,72
7	7,87	159,48	1,68	1,03	47072,26	17731,93
8	6,52	132,02	1,39	0,85	38966,10	14678,37
9	1,926	39,016	0,411	0,252	11515,48	4337,84
Total	64,495	1306,54	13,746	8,451	385616,21	145263,869

9.1.4.2 VALORIZAÇÃO DOS RECURSOS EXISTENTES – ALTERNATIVAS A ESTUDAR

Esta alternativa não consiste na substituição dos veículos da frota de transportes públicos existente, mas sim na rentabilização de recursos existentes. Assim sendo, este cenário alternativo não tem como objectivo a redução das emissões de poluente e do consumo de combustível, mas sim proporcionar uma poupança na factura de transportes da Câmara Municipal do Fundão e melhorar o acesso das populações aos serviços.

A ideia central deste cenário consiste na valorização dos recursos existentes que estejam a ser subaproveitados, como veículos de Instituições Particulares de Solidariedade Social (IPSS), associações desportivas, associações recreativas, transporte privado subaproveitado, táxis comunitários, entre outros.

IPSS e Associações

Uma das medidas para combater a falta de transportes públicos eficientes, em algumas das freguesias mais isoladas, passa por efectuar parcerias com as Instituições Particulares de Solidariedade Social (IPSS), associações desportivas, associações recreativas, e outras organizações locais que tenham veículos subaproveitados e utilizar esses veículos, nos horários vagos, para deslocações alternativas ao transporte público. Os serviços prestados pelos veículos dessas organizações seriam solicitados como contrapartida dos fundos que o município cede aos mesmos, ou então através de acordos específicos realizados entre as entidades envolvidas.

Esta solução poderia ser exequível para o município do Fundão, uma vez que existem várias IPSS com veículos disponíveis nas várias freguesias do concelho, como se pode verificar pela tabela do anexo D.

Transporte privado

Outra alternativa que poderia ser interessante consiste na utilização do transporte privado que por qualquer motivo fosse efectuar deslocações regulares para um destino fixo, levar consigo os utentes que pretendam deslocar-se para o mesmo local. O pagamento destas deslocações seria efectuado pelo utente ou pela câmara municipal, dependendo da natureza do serviço, com valores sensivelmente mais baixos do que a utilização de um táxi, por exemplo. Um exemplo mais elucidativo do funcionamento desta modalidade de transporte seria, um utente que precise de deslocar para uma instituição de saúde, vai com um privado que faça a deslocação para o mesmo local, e mediante a apresentação do comprovativo do estabelecimento de saúde, o privado recebe uma contrapartida.

Táxis Comunitários

No que diz respeito ao transporte de utentes através de veículos alugados, como táxis, o que se pretende elaborar é um protocolo com as diferentes instituições de saúde, uma vez que a maioria destas deslocações acontece para consultas relacionadas com a saúde, de forma a que as marcações das consultas tenha em conta o local de habitação do utente, para que um táxi não venha subaproveitado, transportando apenas 1 utente, mas que aproveite ao máximo a sua capacidade. Esta optimização faz com que se diminua a factura aos táxis e o número de viagens efectuadas para o mesmo destino.

Serviços ambulatoriais

A utilização de serviços ambulatoriais poderia ser muito vantajosa nesta região, dado o grande número de freguesias isoladas. Este serviço consiste em levar os serviços ao utente em vez da usual deslocação do utente ao serviço.

Este sistema pode ser utilizado para prestar serviços de saúde, em que existe um veículo convenientemente equipado, que iria de terra em terra a prestar serviços básicos de saúde, para casos que não necessitem de deslocação a uma unidade hospitalar.

Este sistema também pode ser aplicado a outros tipos de serviços, como a venda de produtos e ainda a outros serviços públicos que por norma apenas podem ser tratados nas instituições correspondentes. A melhor forma de otimizar estas medidas consistia na criação de um centro de comunicações, que registasse as necessidades das populações e gerisse os recursos.

Resumindo, esta alternativa não acarreta grandes vantagens em termos de poupanças de emissões de poluentes e consumo de combustível, mas pode representar uma solução interessante para resolver alguns problemas de mobilidade e dificuldade de acesso a serviços, que se verificam nestas regiões.

10 CONCLUSÕES

Pode afirmar-se que o consumo de energia no mundo tem aumentado de uma forma insustentável, uma vez que se continua a dar preferência às formas de energia com origem em combustíveis fósseis. Este comportamento tem resultado num grande aumento das emissões de poluentes e em particular de GEE, como o CO₂.

Portugal tem seguido as tendências mundiais de aumento de consumo de energia de origem fóssil, com a agravante de evidenciar uma forte dependência energética (91%), ou seja, para além de não aproveitar os recursos naturais que permitiriam criar energia de um modo sustentável, o que reduziria a “factura” ambiental resultante do aumento do consumo de energia, ainda fica condicionado pelas flutuações nos preços da energia e, no caso de acontecimentos extremos, poderá ficar sem fornecimento de energia, sem ter alternativas internas de produção. Este panorama, apesar de extremo, demonstra a fragilidade do sector energético nacional, sem alternativas internas ao fornecimento de energia.

Tanto no mundo, como a nível nacional o consumo de energia e, muito particularmente, o seu aumento é dominado pelo sector dos transportes. Este sector tem vindo a aumentar o consumo de energia, principalmente sob a forma de petróleo, e é já considerado o sector com maiores contribuições para os GEE e outros poluentes atmosféricos. Este aumento é devido principalmente à massificação do transporte privado, em detrimento dos transportes públicos.

Portugal, tal como a maioria dos países do mundo, já tem em marcha medidas e planos para reduzir o consumo de energia e diminuir a emissão de GEE, sendo exemplo disso alguns dos documentos referência apresentados no ponto 5.1 da presente dissertação, para além de vários documentos internacionais. Contudo, estas medidas são apenas o início de uma mudança de atitude e mentalidade. Para se obterem os objectivos traçados é preciso tomar medidas mais ambiciosas e restritivas.

Em relação às metodologias de cálculo, foram desenvolvidas, testadas e utilizadas duas ferramentas de cálculo, em *Excel* e *Fortran*, que permitiram calcular com sucesso as emissões de poluentes e consumo de combustível. Foi possível validar os resultados obtidos através de testes em que os resultados eram compatíveis com valores de consumo e emissão definidos; tem de se ter em conta contudo que estas ferramentas de cálculo apresentam várias limitações. As equações utilizadas no desenvolvimento das

ferramentas de cálculo, têm origem numa fonte muito fiável, como é o relatório “*Heavy duty vehicle emissions*” do projecto *ARTEMIS*. No entanto não é possível ter certeza que as características dos veículos que serão inseridos como dados de entrada, são exactamente as mesmas que as dos veículos utilizados para os testes que deram origem às equações, pelo que existe sempre uma margem de erro. Ainda relacionado com a formulação das equações importa referir que muitas vezes o comportamento dos veículos em circuitos reais é consideravelmente diferente do comportamento durante os testes, por mais pormenorizada que seja a simulação.

Outra limitação das ferramentas de cálculo desenvolvidas deve-se ao facto das equações do relatório “*Heavy duty vehicle emissions*” terem sido formuladas considerando três situações possíveis de carga do veículo, 0%; 50%; 100%, e sete percentagens de inclinação -6%; -4%; -2%; 0%; 2%; 4%; 6%, e no desenvolvimento das ferramentas de cálculo apenas se consideraram os valores centrais de 0% de inclinação e 50% de carga do veículo. Isto irá constituir numa fonte de erro, considerando que no concelho do Fundão, os percursos são caracterizados por zonas de elevada inclinação e a percentagem de utilização dos autocarros deverá ser inferior a 50%, tendo em conta a percentagem de utilizadores do autocarro nos movimentos pendulares das várias freguesias do concelho do Fundão, como foi referido no ponto 8.6.2.1, referente aos modos de transporte nos movimentos pendulares. Criou-se uma situação padrão, em que se consideraram os valores centrais das duas variáveis.

Com a finalidade de testar o funcionamento das ferramentas de cálculo e verificar o seu comportamento e tendências, foram realizados testes de emissão de poluentes com a variação do ano de fabrico e da velocidade. Nos testes de emissão com a variação do ano de fabrico foi possível verificar que de facto existe uma diferença muito significativa, na emissão dos poluentes CO, NO_x PM e COV, entre os veículos mais antigos de classe de emissão convencional e os veículos mais recentes de classe de emissão EURO 4 e EURO 5.

Com a realização dos testes de emissão de poluentes com a variação do ano de fabrico, conclui-se que ao passar de um veículo de classe de emissão *convencional*, para um veículo de classe de emissão *EURO 5* se obtêm reduções máximas de:

- 387g de CO/100km, o que corresponde a uma redução de 96,75%;
- 1300 g de NO_x/100 km, o que corresponde a uma redução de 86,67%;
- 58 g de PM/100 km, o que corresponde a uma redução de 96,67%;

- 198 g de COV/100 km, o que corresponde a uma redução de 99,00%.

Convém referir que os gráficos dos poluentes referidos apresentam um ponto em que as emissões em vez de diminuir aumentam um pouco, ou seja, à medida que vão surgindo novas classes de emissão, Convencional, EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, e EURO 5, as emissões dos poluentes, CO, NO_x PM e COV, vão diminuindo, mas em algumas situações verifica-se que há uma passagem de classe de emissão em que há um pequeno aumento de um poluente. Esta situação é mais evidente para o caso do CO da classe de emissão EURO 2 para EURO 3 e para o NO_x da classe de emissão EURO 1 para EURO 2.

Uma possível explicação é que para se conseguir diminuir as emissões de uns poluentes, por vezes torna-se necessário aumentar ligeiramente a emissão de outros, para que todos respeitem os limites de emissão da classe em que se inserem.

Em relação às emissões de CO₂ e ao consumo de combustível verificou-se um comportamento consideravelmente diferente aos restantes poluentes. Como se verifica nos gráficos 46 e 47 (que representam respectivamente as emissões de CO₂ e o consumo de combustível, com a variação do ano de fabrico) as emissões de CO₂ estão directamente relacionadas com o consumo de combustível, sendo perceptível que ao diminuir o consumo de combustível as emissões de CO₂ diminuem na mesma proporção. O aspecto dos gráficos 46 e 47 é bastante semelhante, apesar das escalas serem naturalmente diferentes.

Assim sendo, pode-se concluir que a maior parte da redução das emissões de CO₂ se deve sobretudo à redução do consumo de combustível, e não tanto às novas tecnologias adoptadas. Contudo, é necessário ter algum cuidado quando se analisam os resultados relativos à emissão de CO₂, uma vez que o relatório de onde foram retiradas as equações utilizadas na formulação das ferramentas de cálculo não inclui as equações de emissão de CO₂. Assim sendo, teve de se encontrar outra forma calcular as emissões deste poluente. A forma utilizada consistiu na utilização de uma fórmula de balanço mássico que envolvia as emissões dos poluentes, CO, CO₂, COV, PM e o consumo de combustível, que foi desenvolvida de forma a se obter os valores de CO₂. A única limitação desta forma de cálculo é que as concentrações dos poluentes CO, COV e PM obtidos pela ferramenta de cálculo desenvolvida já vêm afectadas por sistemas de redução de emissão pós-combustão. Para este balanço mássico não vir afectado de erro, as emissões de CO, COV e PM deveriam ser as que resultam do processo de combustão, sem esta redução.

É preciso ter em atenção que os testes às emissões com variação do ano de fabrico foram realizados considerando uma velocidade constante de 50km/h, pelo que os valores de emissão deverão aumentar para velocidades menores, ou reduzir para velocidades superiores, conforme se verificou nos testes às emissões com a variação da velocidade.

Em relação aos testes às emissões e ao consumo de combustível, com a variação da velocidade, verifica-se que os poluentes e o consumo de combustível apresentam um comportamento muito semelhante, apresentando o valor de consumo e emissão máximo aos 6km/h, que é a velocidade mínima das equações, depois reduz significativamente os consumos e as emissões aos 20 km/h e por fim vai havendo um decréscimo gradual até se atingir um mínimo de consumo e emissão, verificado aos 103 km/h, valor máximo de velocidade assumido pelas equações.

Os resultados dos testes com a variação da velocidade não foram os esperados, inicialmente pensava-se que as emissões seriam máximas na altura do arranque e que depois fossem diminuindo, tal como aconteceu, mas que atingindo uma certa velocidade as emissões e o consumo de combustível voltassem a aumentar, devido ao esforço do motor e ao atrito provocado pela deslocação dos veículos. Assim sendo, fica pendente a dúvida em relação a este comportamento das emissões e do consumo de combustível, com a variação da velocidade, embora se possa avançar com duas possíveis explicações, i) as emissões e o consumo de combustível iria começar a aumentar após as 103 km/h e como o limite máximo de velocidade a utilizar nas equações é de 103 km/h, a fase de aumento das emissões e consumo de combustível não estava incluída, ii) a segunda explicação possível é que as equações não tenham considerado os parâmetros referidos.

Uma das conclusões mais importantes desta dissertação está relacionada com o desenvolvimento com sucesso dos três modelos para calcular as emissões de poluentes e o consumo de combustível, para veículos pesados de passageiros. Estes modelos permitem calcular as emissões dos poluentes, CO; NO_x; PM; COV; CO₂, e ainda o consumo de combustível, utilizando os dados de entrada: idade do veículo; velocidade média; distância percorrida; percursos efectuados. A formulação utilizada baseou-se no projecto ARTEMIS, reconhecido internacionalmente pela sua credibilidade.

Os três modelos apresentam exactamente a mesma metodologia de cálculo e dão origem a resultados iguais, a única diferença está relacionada com a forma como o utilizador irá interagir com o modelo. O primeiro modelo é apresentado sob a forma de uma folha de cálculo em Excel que permite ao utilizador alterar a folha de cálculo em função dos seus

objectivos, o segundo modelo consiste numa primeira versão de um programa em Fortran, “*RODOEMIT 1.0*”, em que se criou uma interface simples, onde os dados são inseridos na janela do programa; contudo apresenta a limitação de apenas se poderem inserir um grupo de dados de cada vez. Por fim, o terceiro modelo consiste na segunda versão do programa em Fortran, “*RODOEMIT 2.0*”, esta mais completa, uma vez que permite inserir vários grupos de dados de entrada, em simultâneo, através de um documento de texto e obter os resultados noutro documento de texto.

Foi possível validar, através de testes de desempenho comparativo com as equações originais, os três modelos. Foram calculadas com eficácia as emissões dos poluentes CO, NO_x, PM, COV e CO₂ e o consumo de combustível, ficando assim disponível, uma ferramenta para calcular as emissões de poluentes e o consumo de combustível de veículos pesados de passageiros.

Utilizando os modelos desenvolvidos para calcular as emissões de poluentes e o consumo de combustível da actual frota de transportes públicos do *caso de estudo*, foi possível concluir-se que as emissões dos poluentes CO, NO_x, PM e COV, são significativamente mais elevadas para o caso da frota actual, do que para o cenário alternativo. Comparando ambos os cenários verificam-se reduções muito elevadas, tanto que as emissões de CO sofrem uma redução de 94,92%, passando de 1270,067 kg de CO/ano no cenário actual para 64,494 kg de CO/ano no cenário alternativo, as emissões de NO_x sofrem uma redução de 76,34%, passando de 5522,884 kg de NO_x/ano no cenário actual para 1306,540 kg de NO_x/ano no cenário alternativo, as emissões de PM sofrem uma redução de 93,17%, passando de 201,246 kg de PM/ano no cenário actual para 13,746 kg de PM/ano no cenário alternativo e finalmente as emissões de COV sofrem uma redução de 98,04%, passando de 431,125 kg de COV/ano no cenário actual para 1306,540 kg de COV/ano no cenário alternativo.

Relativamente às emissões de CO₂ e consumo de combustível, a redução não foi tão significativa, ficando-se nos 7,10% para o CO₂, passando de 415079,431 kg de CO₂/ano no cenário actual para 385616,21 kg de CO₂/ano no cenário alternativo, o que se traduz numa redução de 29,5 toneladas de CO₂ por ano. Já o consumo de combustível apresentou uma redução de 7,89%, passando de 157700,944 L/ano no cenário actual para 145263,869 L/ano no cenário alternativo, o que se traduz numa poupança de cerca de 14 mil euros.

Convém referir que o cálculo das emissões dos poluentes e do consumo de combustível é efectuado por defeito uma vez que não são contabilizados os trajectos que é

necessário efectuar sem passageiros, ou seja, os trajectos que os autocarros têm de efectuar desde o terminal até onde irão começar o percurso e do final do percurso até ao terminal.

Era um dos objectivos da presente dissertação servir como projecto-piloto para o projecto maior *RUCI-SIM*, de forma a perceber que tipos de dados estão disponíveis, a que instituições recorrer para obter esses dados, quais os dados que não estão disponíveis e terão de ser obtidos por outros meios. Durante o desenvolvimento da presente dissertação foram surgindo algumas dificuldades na obtenção de dados, quer a nível demográfico e de mobilidade, quer a nível de reunião de informação com as entidades responsáveis, assim sendo, concluiu-se que a nível demográfico e de mobilidade, os dados existentes são muito escassos e os que existem já têm vários anos, sendo a sua principal fonte os *Censos* e dados estatísticos do *INE*. Como estes dados são de extrema importância para um projecto de mobilidade como é o caso do *RUCI-SIM*, é sugerido que sejam elaborados inquéritos às populações abrangidas, de forma a perceber quais as suas reais necessidades de serviços e deslocações.

Em relação aos dados referentes aos transportes públicos, pelo que foi possível apurar com este trabalho, concluiu-se que as câmaras municipais apenas apresentam dados relativos a custos financeiros associados aos contratos de prestação de serviços com empresas transportadoras. Surgindo a necessidade de obter dados relativos aos trajectos efectuados, horários, quilómetros, viaturas utilizadas, entre outras, terá de se contactar directamente com as empresas transportadoras, com devida autorização da câmara municipal. Ainda relacionado com o transporte público de passageiros, não foi possível obter informação fiável sobre a utilização dos transportes públicos por parte das populações, se bem que essa informação tem de constar pelo menos nas empresas transportadoras, pelo que se insiste para que estas cedam os dados, ou se elaborem inquéritos às populações.

Resumidamente concluiu-se que: i) Quando comparados os veículos de classe de emissão *convencionais* com os veículos de classes de emissão mais recentes, os veículos pesados de passageiros apresentam uma redução substancial das emissões dos poluentes CO, NO_x, PM e COV; ii) As emissões de CO₂ e consumo de combustível estão directamente relacionadas e diminuem praticamente na mesma proporção, sendo a diminuição do consumo de combustível a principal razão para a diminuição das emissões de CO₂; iii) Num cenário hipotético de substituição da frota de transportes públicos actual, por uma frota constituída por veículos de classe de emissão EURO 5, seriam verificadas

reduções anuais de, 94,92% em emissões de CO, 76,34% em emissões de NO_x, 93,17% em emissões de PM e 98,04% em emissões de COV; iv) No cenário hipotético referido na alinha anterior seriam poupados anualmente 14 mil euros em combustível e ainda 29,5 toneladas de CO₂; v) A informação relativa aos transportes públicos estão muito dispersas por várias instituições, pelo que será conveniente contactar directamente com as empresas transportadoras e realizar inquéritos á população, a fim de reunir os dados em falta; vi) Foram desenvolvidos com sucesso os modelos de cálculo de emissões de poluentes e consumo de combustível para veículos pesados de passageiros, pelo que constituem uma mais-valia e estão a disposição para quem os queira utilizar.

Sugestões e possibilidades de melhoria:

- Como sugestão de melhoria e continuação do trabalho sugere-se que se completem os modelos com outros níveis de carga, assim como com outros níveis de inclinação, de forma a tornar estas ferramentas cada vez mais completas e úteis;
- Em relação ao programa TREM, no decorrer da dissertação percebeu-se que existe um problema com a formulação das equações referentes aos veículos pesados de passageiros. Há assim o potencial de se desenvolver este modelo de forma a expandir o seu âmbito de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADXTUR- Redes Urbanas para a Competitividade e Inovação - Sistema Integrado de Mobilidade. 2009.

ANMP, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS PORTUGUESES - Fundão [em linha]. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.anmp.pt/anmp/pro/mun1/mun101w3.php?cod=M6230>>].

APA, AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE - Relatório do Estado do Ambiente 2007. (2008).

BOULTER, P., BARLOW, T. - Average speed emission functions for heavy-duty road vehicles. Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems - ARTEMIS, 2005.

BP, BANCO DE PORTUGAL- Produção e Consumo de Energia em Portugal: Factos Estilizados. Boletim Económico, 2010.

BP, COMÉRCIO DE COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES SA - Ficha informativa de segurança do produto - Gasóleo. Porto Salvo: BP - Comércio de combustíveis e Lubrificantes, SA 2005.

CMF, CÂMARA MUNICIPAL DO FUNDÃO - Plano de transportes Escolares - Ano lectivo 2010/2011. Fundão: Divisão de Planeamento - Gabinete de Educação, 2010.

DAO, DEPARTAMENTO DE AMBIENTE E ORDENAMENTO - TREM - Modelo de Emissões dos Transportes para Fontes em Linha Metodologia. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2007.

EC, EUROPEAN COMMISSION- Energy, Transport and Environment Indicators. Luxemburg: Eurostat, 2007.

GEP, GABINETE DE ESTUDOS E PLANEAMENTO - Movimentos Pendulares na Área Metropolitana de Lisboa, 1991-2001. Lisboa: MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO, 2003.

GUT, GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY - HBEFA Introduction [em linha]. Bern. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://www.hbefa.net/e/index.html>>].

HAUSBERGER, S. - Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3. Graz University of Technology TUG, 2009.

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - Breakdown of sectoral final consumption by source - OECD 30. (2009a).

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - Breakdown of sectoral final consumption by source - Portugal. (2009b).

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - Energy production in Portugal. [em linha]. (2009c). [Consult. 07-02-2010]. Disponível na internet:<URL:http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/PTPROD.pdf>].

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - Energy Technology Perspectives 2010 - Scenarios & Strategies to 2050 Paris: International Energy Agency, 2010a.

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - Final consumption by sector - OECD 30. (2009d).

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - Final consumption by sector - Portugal. (2009e).

IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY- Key World Energy STATISTICS 2010. International Energy Agency, 2010b.

INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA - Estatísticas dos Transportes 2008. Lisboa: 2009.

JARDIM, D., DIAS, A., MARTINS, C. FERREIRA, F., MONJARDINO, J. - Evolução da qualidade do ar em Portugal entre 2001 e 2005. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente, 2008.

LAT, LABORATORY OF APPLIED THERMODYNAMICS - COPERT 4 - Background [em linha]. Grécia: Aristotle University of Thessaloniki. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://lat.eng.auth.gr/copert/>>].

LAT, LABORATORY OF APPLIED THERMODYNAMICS - COPERT 4 - Computer programme to calculate emissions from road transport. Thessaloniki: Aristotle University Thessaloniki, 2007b.

LAT, LABORATORY OF APPLIED THERMODYNAMICS - COPERT 4 - General Information [em linha]. Grécia: Aristotle University of Thessaloniki. [Consult. Disponível em WWW:<URL:<http://lat.eng.auth.gr/copert/>>].

MATOS, J., XAVIER, J., MARQUES, Á., OTEDA, N. - Partículas atmosféricas PM10 em Portugal – 1997-2001. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente - Instituto do Ambiente, 2003.

PERFORM - Plano Estratégico de Transportes 2008 - 2020. Lisboa: Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2009.

REXEIS, M., HAUSBERGER, S., ET ALL - Heavy duty vehicle emissions -Final Report for ARTEMIS WP 400. Graz: Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems - ARTEMIS, 2005.

SILVA, R. - Modelação das Emissões Atmosféricas Associadas aos Transportes no Município de Leiria. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2009.

TCHEPEL, O. A. - Modelo de emissões para apoio à decisão na Gestão da Qualidade do Ar. Aveiro: Universidade de Aveiro 2003.

TORRES, P. - Avaliação das Emissões do Sector Rodoviário em Portugal. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2005.

U.S.EPA, U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - Description and History of the MOBILE Highway Vehicle Emission Factor Model [em linha]. Office of Transportation and Air Quality. [Consult. Disponível em WWW:<URL:http://www.epa.gov/otaq/models/mob_hist.txt>].

ANEXOS

A. DATAS DE APLICAÇÃO DAS NORMAS DE EMISSÃO

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Veículos de passageiros a gasolina	Pre ECE		ECE 1500 & 01						ECE 15 02			ECE 1503					ECE 1504				
Veículos de passageiros a diesel e GPL	Convencional																				
Veículos ligeiros de mercadorias	Convencional																				
Veículos pesados de mercadorias e autocarros	Convencional																				
Motociclos	Convencional																				

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Veículos de passageiros a gasolina	ECE 1504		EURO 1				EURO 2				EURO 3					EURO 4						
Veículos de passageiros a diesel e GPL	Conv.		EURO 1				EURO 2				EURO 3					EURO 4						
Veículos ligeiros de mercadorias	Convencional				EURO 1				EURO 2		*	EURO 3					*	EURO 4				
Veículos pesados de mercadorias e autocarros	Conv.		EURO 1				EURO 2				EURO 3					EURO 4			EURO 5			
Motociclos	Convencional								Etapa 1					Etapa 2								

B.1 CLASSIFICAÇÕES DOS VEÍCULOS LIGEIRO DE PASSAGEIROS

Veículos ligeiros de passageiros			
Classificações		Cilindrada	Classe
Gasolina	PRE ECE	CC < 1,4 l	K1
		1,4 l < CC < 2,0 l	K2
		CC > 2,0 l	K3
	ECE 15-00 / 01	CC < 1,4 l	K4
		1,4 l < CC < 2,0 l	K5
		CC > 2,0 l	K6
	ECE 15-02	CC < 1,4 l	K7
		1,4 l < CC < 2,0 l	K8
		CC > 2,0 l	K9
	ECE 15-03	CC < 1,4 l	K10
		1,4 l < CC < 2,0 l	K11
		CC > 2,0 l	K12
	ECE 15-04	CC < 1,4 l	K13
		1,4 l < CC < 2,0 l	K14
		CC > 2,0 l	K15
Diesel	Improved Convent.	CC < 1,4 l	K16
		1,4 l < CC < 2,0 l	K17
	Open Loop	CC < 1,4 l	K18
		1,4 l < CC < 2,0 l	K29
	EURO 1	CC < 1,4 l	K20
		1,4 l < CC < 2,0 l	K21
		CC > 2,0 l	K22
	EURO 2	CC < 1,4 l	K23
		1,4 l < CC < 2,0 l	K24
		CC > 2,0 l	K25
GPL	EURO 3	CC < 1,4 l	K26
		1,4 l < CC < 2,0 l	K27
		CC > 2,0 l	K28
	EURO 4	CC < 1,4 l	K29
		1,4 l < CC < 2,0 l	K30
		CC > 2,0 l	K31
	Convencional	-	K32
		-	K33
		-	K34
		-	K35
		-	K36
	EURO 1	-	K37
		-	K38
		-	K39
		-	K40
		-	K41

B.2 CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS LIGEIOS DE MERCADORIAS

Veículos ligeiros de mercadorias		
Classificação		Classe
Gasolina	Convencional	K42
	EURO 1	K43
	EURO 2	K44
	EURO 3	K45
	EURO 4	K46
Diesel	Convencional	K47
	EURO 1	K48
	EURO 2	K49
	EURO 3	K50
	EURO 4	K51

B.3 CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS PESADOS DE MERCADORIAS

Veículos pesados de mercadorias			
Classificação		Peso	Classe
Diesel	Convencional	Peso<7,5 t	K52
		7,5 t<Peso<16 t	K53
		16 t<Peso<32 t	K54
		Peso>32 t	K55
	EURO 1	Peso<7,5 t	K56
		7,5 t<Peso<16 t	K57
		16 t<Peso<32 t	K58
		Peso>32 t	K59
	EURO 2	Peso<7,5 t	K60
		7,5 t<Peso<16 t	K61
		16 t<Peso<32 t	K62
		Peso>32 t	K63
	EURO 3	Peso<7,5 t	K64
		7,5 t<Peso<16 t	K65
		16 t<Peso<32 t	K66
		Peso>32 t	K67
	EURO 4	Peso<7,5 t	K68
		7,5 t<Peso<16 t	K69
		16 t<Peso<32 t	K70
		Peso>32 t	K71
	EURO 5	Peso<7,5 t	K72
		7,5 t<Peso<16 t	K73
		16 t<Peso<32 t	K74
		Peso>32 t	K75

B.4 CLASSIFICAÇÃO DOS AUTOCARROS URBANOS E AUTOCARROS EXTRA-URBANOS

Autocarros urbanos e autocarros extra-urbanos			
Classificação		Autocarros urbanos	Autocarros extra-urbanos
Diesel	Convencional	K76	K82
	EURO 1	K77	K83
	EURO 2	K78	K84
	EURO 3	K79	K85
	EURO 4	K80	K86
	EURO 5	K81	K87

B.5 CLASSIFICAÇÃO DOS MOTOCICLOS

Motociclos		
Classificação	Cilindrada	Classe
Ciclomotores		
Convencional	-	K88
Etapa 1	-	K89
Etapa 2	-	K90
Motociclos a dois tempos		
Convencional	-	K91
Etapa 1	-	K92
Motociclos a quatro tempos		
Convencional	cc<250 cm ³	K93
	250<cc<750 cm ³	K94
	cc>750 cm ³	K95
Etapa 1	-	K96

B.6 CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS COM NOVAS TECNOLOGIAS

Veículos com novas tecnologias		
Tecnologia	Tipo de veículo	Classe
Veículos eléctricos	Veículos de passageiros	K97
	Veículos ligeiros de mercadorias	K98
Veículos híbridos eléctricos	Veículos de passageiros	K99
	Veículos ligeiros de mercadorias	K100
Veículos a Fuel Cell	Veículos de passageiros	K101
	Veículos ligeiros de mercadorias	K102
	Autocarros urbanos	K103

C. FROTA DA RBI, AFECTA AO MUNICÍPIO DO FUNDÃO

	FILIAL	Nº	MATRICULA	MARCA	MODELO	TIPO.	N.º LUG.	ANO	IDADE
1	FUNDÃO	3025	82 - GU - 56	MERCEDES	O408	REG.	53 + 21	1992	18
2	FUNDÃO	3026	57 - HB - 29	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1994	16
3	FUNDÃO	3034	05 - IH - 75	MERCEDES	O 408	REG.	55 + 25	1997	13
4	FUNDÃO	3049	98 - FO - 74	MERCEDES	O408	REG.	53 + 21	1994	16
5	FUNDÃO	3051	61 - FF - 00	MERCEDES	O408	REG.	53 + 27	1996	14
6	FUNDÃO	3058	06 - FA - 68	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1994	16
7	FUNDÃO	3080	24 - 22 - XZ	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1993	17
8	FUNDÃO	3115	65 - 40 - TT	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1992	18
9	FUNDÃO	3116	00 - 35 - UC	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1991	19
10	FUNDÃO	3121	40 - 00 - ST	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1991	19
11	FUNDÃO	3128	14 - 12 - RB	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1989	21
12	FUNDÃO	3131	28 - 11 - QX	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1989	21
13	FUNDÃO	3139	90 - 48 - PH	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1988	22
14	FUNDÃO	3151	84 - 05 - NG	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1989	21
15	FUNDÃO	3165	57 - 83 - JZ	MERCEDES	O407	REG.	53 + 27	1988	22
16	FUNDÃO	3190	91 - 79 - KB	MERCEDES	O307	REG.	53 + 24	1987	23
17	FUNDÃO	3193	91 - 78 - KB	MERCEDES	O307	REG.	53 + 24	1987	23
18	FUNDÃO	3194	91 - 77 - KB	MERCEDES	O307	REG.	53 + 24	1987	23
19	FUNDÃO	3196	86 - 31 - HF	MERCEDES	O307	REG.	53 + 24	1984	26
20	FUNDÃO	3203	48 - 91 - HG	MERCEDES	O307	REG.	53 + 24	1985	25
21	FUNDÃO	3224	44 - 11 - GH	MERCEDES	O307	REG.	53 + 24	1983	27
22	FUNDÃO	3231	63 - 85 - EX	MERCEDES	O307	REG.	49 + 38	1984	26
23	FUNDÃO	3300	29 - 90 - XL	MERCEDES	416 CDI	REG.	18	2004	6
24	FUNDÃO	3449	79 - 37 - DR	DAF	SB 3000	REG.	63	1994	16
25	FUNDÃO	3478	42 - 58 - RM	MAN	18.400	G.T.	50	2001	9
26	FUNDÃO	3479	42 - 59 - RM	MAN	18.400	G.T.	50	2001	9
27	FUNDÃO	3493	99 - FQ - 09	MAN	18.410	G.T.	50	2008	2

D. VEÍCULOS DE IPSS

Freguesia	Designação	Transporte que dispõem
Alcaide	Centro Social Paroquial do Alcaide	1 autocarro 27 lugares 1 carrinha 9 lugares
Salgueiro	Centro de Assistência Social dos Três Povos	3 carrinhas
Alpedrinha	Santa Casa da Misericórdia de Alpedrinha	1 autocarro 27 lugares 2 carrinhas 5 e 9 lugares
Fundão	Santa Casa da Misericórdia do Fundão	1 autocarro 27 lugares 3 carrinhas 9 lugares
Soalheira	Santa Casa da Misericórdia da Soalheira	3 carrinhas 5 e 9 lugares
Aldeia Nova Cabo	Casa Nossa Senhora de Fátima	1 autocarro
Silvares	Associação de Solidariedade Social da Freg. Silvares	Não dispõem de transporte
Alpedrinha	Fundação Gamboa Pina Ferrão	2 carrinhas 2 e 9 lugares
Orca	Instituto de São Miguel	2 carrinhas 5 lugares
Póvoa da Atalaia	Centro de Dia de Santo Estêvão	2 carrinhas 5 e 9 lugares
Donas	Centro Paroquial das Donas	3 carrinhas 5 e 9 lugares
Telhado	TECTO - Centro Social do Telhado	2 carrinhas 9 e 2 lugares
Vale de Prazeres	Centro Paroquial São Bartolomeu	3 carrinhas 9 e 2 lugares
Atalaia do Campo	Centro de Dia de Atalaia do Campo	2 carrinhas de 5 e 2 lugares
Barroca	Centro de Dia de Barroca	1 carrinha 2 lugares
Bogas de Baixo	Centro de Dia de Bogas de Baixo	1 carrinha 9 lugares
Enxabarda	Centro de Dia Nossa Senhora do Fastio	1 carrinha 5 lugares
Castelejo	Centro de Dia de Santa Luzia	1 carrinha 5 lugares
Castelo Novo	Centro Social de Castelo Novo	2 carrinhas 5 lugares
Enxames	Centro de Dia Nossa Senhora do Fastio	2 carrinhas 9 e 5 lugares
Souto da Casa	Centro Paroquial Assistência Souto da Casa	3 carrinhas 9, 5 e 2 lugares
Vale de Prazeres	Centro Social da Torre	1 carrinha 7 lugares
Valverde	Centro Paroquial Bem-Estar Social Valverde	1 carrinha 5 lugares
Fundão	APPACDM do Fundão	1 mini autocarro 20 lugares 3 carrinhas 9 lugares
Mata da Rainha	Liga dos Amigos de Mata da Rainha	2 carrinhas 9 e 2 lugares